

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-100314

(43)Date of publication of application : 13.04.2001

(51)Int.Cl.

G03B 21/14
G02F 1/13
G02F 1/13357
G03B 21/00
G09F 9/00
H04N 5/74
H04N 9/31

(21)Application number : 2000-220838

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 21.07.2000

(72)Inventor : ITO YOSHITAKA

(30)Priority

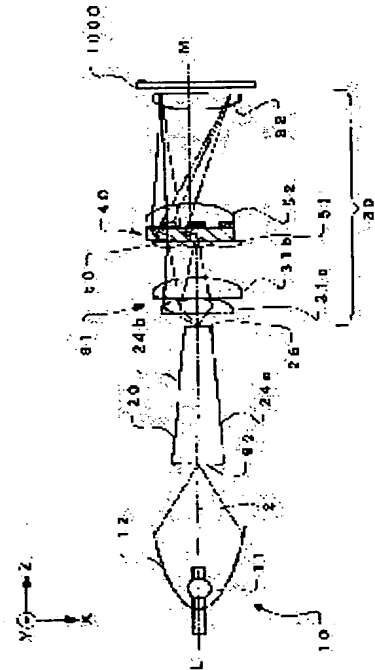
Priority number : 11210390 Priority date : 26.07.1999 Priority country : JP

(54) ILLUMINATION DEVICE AND PROJECTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an illumination device and a projector constituted so that the utilizing efficiency of light can be more enhanced while using a polarized light conversion means.

SOLUTION: This illumination device is constituted so that luminous flux from a light source 10 is split to the plural number of partial luminous flux by a luminous flux splitting means 20, adjusted in an almost identical polarizing direction by the polarized light conversion means 40 and transmitted to a prescribed area to be illuminated 1000 by a relay optical system 30. The conversion means 40 is provided with polarized light separation films 42 arranged along in a prescribed direction so as to separate the plural number of partial luminous flux to the transmitted luminous flux and the reflected luminous flux according to the polarizing direction and plural reflection films 44 arranged according to the respective films 42 so as to reflect the reflected luminous flux from the films 42 in a direction being almost identical to the transmitted luminous flux. The splitting means 20 is the bar-like light transmission body and formed by inclining a pair of reflection surfaces 24a and 24b positioned along in the arranging direction of the plural films 42 with respect to an emitting end surface 26 so that plural light source images are formed by leaving such space that they can be positioned on the plural films 42.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-100314

(P2001-100314A)

(43)公開日 平成13年4月13日(2001.4.13)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
G 0 3 B 21/14		G 0 3 B 21/14	A
G 0 2 F 1/13	5 0 5	G 0 2 F 1/13	5 0 5
	1/13357	G 0 3 B 21/00	D
G 0 3 B 21/00		G 0 9 F 9/00	3 6 0 D
G 0 9 F 9/00	3 6 0	H 0 4 N 5/74	A

審査請求 未請求 請求項の数48 O L (全 26 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-220838(P2000-220838)

(22)出願日 平成12年7月21日(2000.7.21)

(31)優先権主張番号 特願平11-210390

(32)優先日 平成11年7月26日(1999.7.26)

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72)発明者 伊藤 嘉高

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ

ーエプソン株式会社内

(74)代理人 100093388

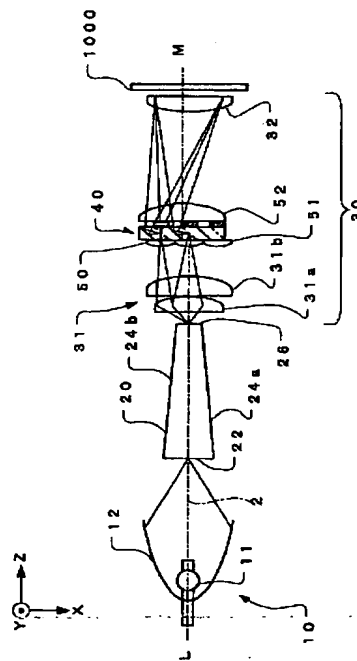
弁理士 鈴木 喜三郎 (外2名)

(54)【発明の名称】 照明装置及びプロジェクタ

(57)【要約】

【課題】 偏光変換手段を使用しながら、光利用効率をさらに向上させ得る照明装置およびプロジェクタを提供する。

【解決手段】 光源10からの光束が光束分割手段20によって複数の部分光束に分割され、偏光変換手段40にて略同一の偏光方向に揃えられと共に、リレー光学系30にて所定の被照明領域1000上に伝達される照明装置である。偏光変換手段40は、所定方向に沿って複数配置され部分光束を偏光方向に応じて透過光と反射光に分離する偏光分離膜42と、各偏光分離膜42に対応して配置され各偏光分離膜42からの反射光を透過光と略同じ方向に反射する複数の反射膜44を有する。光束分割手段20は棒状の導光体であって、複数の光源像が各偏光分離膜42上に位置し得る間隔で形成されるように、複数の偏光分離膜42が配列する方向に沿って位置する一対の反射面24a、24bを射出端面26に対して傾斜させて形成する。



(2)

特開 2001-100314

1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光束分割手段の略中心を通る仮想の照明光軸と略直交する仮想面内に複数の光源像を形成するように、光源からの光束が前記光束分割手段によって複数の部分光束に分割され、この複数の部分光束について、それぞれの偏光方向が偏光変換手段にて略同一方向に揃えられと共に、リレー光学系にて所定の被照明領域上に伝達される照明装置において、

前記偏光変換手段は、

前記複数の光源像が形成される位置またはその近傍に配置され、前記部分光束を透過光と反射光に分離することにより偏光方向が異なる 2 つの偏光光束に分離する偏光分離膜と、前記反射光を前記透過光の進行方向と略同じ方向に向けて反射する反射膜と、前記透過光及び前記反射光の内の一方を他方の偏光光束の偏光方向に合せる手段と、を含む偏光変換部を、前記仮想面内において前記複数の光源像が形成される少なくとも第 1 の方向に沿って複数配置してなり、

前記光束分割手段は、

入射端面から入射した前記光源からの光束を反射面にて反射させて前記複数の部分光束に分割し射出端面から射出する棒状の導光体であって、少なくとも前記第 1 の方向に沿って並ぶ前記複数の光源像が前記第 1 の方向に沿って配置された各偏光変換部の前記偏光分離膜上に位置し得る間隔で形成されるように、前記第 1 の方向に向けて対向する一対の前記反射面を少なくとも前記照明光軸または前記射出端面に対して傾斜させて形成したことを特徴とする照明装置。

【請求項 2】 請求項 1 において、

前記光束分割手段は、前記第 1 の方向に沿って位置する一対の前記反射面間の間隔が前記入射端面から前記射出端面に向って狭まるように形成されることを特徴とする照明装置。

【請求項 3】 請求項 2 において、

前記光束分割手段は、前記仮想面内において前記第 1 の方向と略直交する第 2 の方向に向って対向する他の一対の前記反射面間の間隔が前記入射端面から前記射出端面に向って広がるように形成されることを特徴とする照明装置。

【請求項 4】 請求項 1 において、

前記光束分割手段は、前記第 1 の方向に向って対向する一対の前記反射面間の間隔が前記入射端面から前記射出端面に向って狭まるように形成され、前記第 1 の方向と略直交する第 2 の方向に向って対向する他の一対の前記反射面間の間隔が前記入射端面から前記射出端面に向って広がるように傾斜させて形成されることを特徴とする照明装置。

【請求項 5】 請求項 1 から請求項 4 までのいずれかに

において、

前記光束分割手段は、正形状の前記入射端面を有する

2

ことを特徴とする照明装置。

【請求項 6】 請求項 1 から請求項 5 までのいずれかに

において、前記光束分割手段は、前記入射端面の端部において前記光源光束の入射許容開口を制限する遮蔽手段を有することを特徴とする照明装置。

【請求項 7】 請求項 1 から請求項 6 までのいずれかに

において、前記光束分割手段は、前記被照明領域の形状と略相似形をなす前記射出端面を有することを特徴とする照明装置。

【請求項 8】 請求項 1 から請求項 7 までのいずれかに

において、前記光束分割手段は、導光性を有する材料の塊として形成されることを特徴とする照明装置。

【請求項 9】 請求項 1 から請求項 7 までのいずれかに

において、前記光束分割手段は、筒状に形成されることを特徴とする照明装置。

【請求項 10】 光束分割手段の略中心を通る仮想の照明光軸と略直交する仮想面内に複数の光源像を形成するように、光源からの光束が前記光束分割手段によって複数の部分光束に分割され、この複数の部分光束について、それぞれの偏光方向が偏光変換手段にて略同一方向に揃えられと共に、重畳光学系にて所定の被照明領域上に重畳される照明装置において、

前記偏光変換手段は、

前記複数の光源像が形成される位置またはその近傍に配置され、前記部分光束を透過光と反射光に分離することにより偏光方向が異なる 2 つの偏光光束に分離する偏光分離膜と、前記反射光を前記透過光の進行方向と略同じ方向に向けて反射する反射膜と、前記透過光及び前記反射光の内の一方を他方の偏光光束の偏光方向に合せる手段と、を含む偏光変換部を、前記仮想面内において前記複数の光源像が形成される少なくとも第 1 の方向に沿って複数配置してなり、

前記光束分割手段は、

複数のレンズを少なくとも前記第 1 の方向に配置してなるレンズアレイであって、少なくとも前記第 1 の方向に沿って並ぶ複数の前記光源像が前記第 1 の方向に沿って配置された各偏光変換部の前記偏光分離膜上に位置し得る間隔で形成されるように、複数の前記レンズの集光特性が設定されたことを特徴とする照明装置。

【請求項 11】 請求項 10 において、

前記光束分割手段を形成する複数の前記レンズは、前記被照明領域の形状と略相似形をなすことを特徴とする照明装置。

【請求項 12】 請求項 10 または請求項 11 におい

て、

前記光束分割手段を形成する複数の前記レンズは、偏心

レンズを含むことを特徴とする照明装置。

【請求項13】 請求項10から請求項12までのいずれかにおいて、複数の前記部分光束により形成される前記光源像の位置に対応させて配置された複数の集光レンズからなる集光レンズアレイが前記偏光変換手段の入射側に配置されたことを特徴とする照明装置。

【請求項14】 請求項13において、前記集光レンズアレイを形成する複数の前記集光レンズは、複数の前記部分光束の主光線が前記偏光変換手段の入射側の面に対して略垂直となるような集光特性に設定されることを特徴とする照明装置。

【請求項15】 請求項13または請求項14において、前記集光レンズアレイを形成する複数の前記集光レンズは、偏心レンズを含むことを特徴とする照明装置。

【請求項16】 請求項10から請求項12までのいずれかにおいて、複数の集光レンズからなる集光レンズアレイが、前記偏光変換手段と前記重畳光学系の間に配置されたことを特徴とする照明装置。

【請求項17】 請求項16において、前記集光レンズアレイは、前記重畳光学系と一体的に形成されていることを特徴とする照明装置。

【請求項18】 請求項13から請求項15までのいずれかにおいて、前記仮想面内における前記第1の方向と略直交する第2の方向に前記複数の部分光束を含む入射光全体の断面寸法を狭める縮小光学系が前記光源と前記被照明領域の間に配置されたことを特徴とする照明装置。

【請求項19】 請求項18において、前記縮小光学系は、前記光束分割手段の入射側または射出側の一方に配置された凸レンズと、前記集光レンズアレイの入射側または射出側の一方に配置された凹レンズを含むことを特徴とする照明装置。

【請求項20】 請求項10から請求項12までのいずれかにおいて、前記仮想面内における前記第1の方向と略直交する第2の方向に前記複数の部分光束を含む入射光全体の断面寸法を狭める凹レンズが前記偏光変換手段と前記被照明領域の間に配置されたことを特徴とする照明装置。

【請求項21】 請求項20において、前記凹レンズは、複数のレンズを組合せた組レンズで形成されることを特徴とする照明装置。

【請求項22】 請求項19乃至請求項21のいずれかにおいて、前記凸レンズあるいは前記凹レンズは、シリンドリカル状のレンズであることを特徴とする照明装置。

【請求項23】 請求項1から請求項22までのいずれかにおいて、前記光束分割手段は、複数の前記光源像を前記第1の方

向及び前記仮想面内における前記第1の方向と略直交する第2の方向に略マトリクス状に形成し、かつ、前記第2の方向で隣接する複数の前記光源像を同一の前記偏光分離膜上に形成することを特徴とする照明装置。

【請求項24】 請求項1から請求項23までのいずれかにかかる照明装置を使用したことを特徴とするプロジェクタ。

【請求項25】 光束分割手段の略中心を通る仮想の照明光軸と略直交する仮想面内に複数の光源像を形成するように、光源からの光束が前記光束分割手段によって複数の部分光束に分割され、この複数の部分光束について、それぞれの偏光方向が偏光変換手段にて略同一方向に揃えられると共に、リレー光学系にて所定の被照明領域上に伝達される照明装置において、

前記偏光変換手段は、前記複数の光源像が形成される位置またはその近傍に配置され、前記部分光束を透過光と反射光に分離することにより偏光方向が異なる2つの偏光光束に分離する偏光分離膜と、前記反射光を前記透過光の進行方向と略同じ方向に向けて反射する反射膜と、前記透過光及び前記反射光の内の一方を他方の偏光光束の偏光方向に合せる手段と、を含む偏光変換部を、前記仮想面内において前記複数の光源像が形成される少なくとも第1の方向に沿って複数配置してなり、

前記光束分割手段は、入射端面から入射した前記光源からの光束を反射面にて反射させて前記複数の部分光束に分割し射出端面から射出する棒状の導光体であって、前記複数の光源像の配置間隔が前記第1の方向にのみ広がるように、前記第1の方向に向けて対向する一対の前記反射面を少なくとも前記照明光軸または前記射出端面に対して傾斜させて形成したことを特徴とする照明装置。

【請求項26】 請求項25において、前記光束分割手段は、前記第1の方向に沿って位置する一対の前記反射面間の間隔が前記入射端面から前記射出端面に向って狭まるように形成されることを特徴とする照明装置。

【請求項27】 請求項26において、前記光束分割手段は、前記仮想面内において前記第1の方向と略直交する第2の方向に向って対向する他の一対の前記反射面間の間隔が前記入射端面から前記射出端面に向って広がるように形成されることを特徴とする照明装置。

【請求項28】 請求項25において、前記光束分割手段は、前記第1の方向に向って対向する一対の前記反射面間の間隔が前記入射端面から前記射出端面に向って狭まるように形成され、前記第1の方向と略直交する第2の方向に向って対向する他の一対の前記反射面間の間隔が前記入射端面から前記射出端面に向って広がるように傾斜させて形成されることを特徴とする

(4)

特開2001-100314

5

照明装置。

【請求項29】 請求項25から請求項28までのいずれかにおいて、
前記光束分割手段は、正形状の前記入射端面を有することを特徴とする照明装置。

【請求項30】 請求項25から請求項29までのいずれかにおいて、
前記光束分割手段は、前記入射端面の端部において前記光源光束の入射許容開口を制限する遮蔽手段を有することを特徴とする照明装置。

【請求項31】 請求項25から請求項30までのいずれかにおいて、
前記光束分割手段は、前記被照明領域の形状と略相似形をなす前記射出端面を有することを特徴とする照明装置。

【請求項32】 請求項25から請求項31までのいずれかにおいて、
前記光束分割手段は、導光性を有する材料の塊として形成されることを特徴とする照明装置。

【請求項33】 請求項25から請求項31までのいずれかにおいて、
前記光束分割手段は、筒状に形成されることを特徴とする照明装置。

【請求項34】 光束分割手段の略中心を通る仮想の照明光軸と略直交する仮想面内に複数の光源像を形成するように、光源からの光束が前記光束分割手段によって複数の部分光束に分割され、この複数の部分光束について、それぞれの偏光方向が偏光変換手段にて略同一方向に揃えられると共に、重畳光学系にて所定の被照明領域上に重畳される照明装置において、

前記偏光変換手段は、
前記複数の光源像が形成される位置またはその近傍に配置され、前記部分光束を透過光と反射光に分離することにより偏光方向が異なる2つの偏光光束に分離する偏光分離膜と、前記反射光を前記透過光の進行方向と略同じ方向に向けて反射する反射膜と、前記透過光及び前記反射光の内の一方を他方の偏光光束の偏光方向に合せる手段と、を含む偏光変換部を、前記仮想面内において前記複数の光源像が形成される少なくとも第1の方向に沿って複数配置してなり、
前記光束分割手段は、
複数のレンズを少なくとも前記第1の方向に配置してなるレンズアレイであって、前記複数の光源像の配置間隔が前記第1の方向にのみ広がるように、複数の前記レンズの集光特性が設定されたことを特徴とする照明装置。

【請求項35】 請求項34において、
前記光束分割手段を形成する複数の前記レンズは、前記被照明領域の形状と略相似形をなすことを特徴とする照明装置。

6

【請求項36】 請求項34または請求項35において、

前記光束分割手段を形成する複数の前記レンズは、偏心レンズを含むことを特徴とする照明装置。

【請求項37】 請求項34から請求項36までのいずれかにおいて、

複数の前記部分光束により形成される前記光源像の位置に対応させて配置された複数の集光レンズからなる集光レンズアレイが前記偏光変換手段の入射側に配置されたことを特徴とする照明装置。

【請求項38】 請求項37において、
前記集光レンズアレイを形成する複数の前記集光レンズは、複数の前記部分光束の主光線が前記偏光変換手段の入射側の面に対して略垂直となるような集光特性に設定されることを特徴とする照明装置。

【請求項39】 請求項37または請求項38において、
前記集光レンズアレイを形成する複数の前記集光レンズは、偏心レンズを含むことを特徴とする照明装置。

10 【請求項40】 請求項34から請求項36までのいずれかにおいて、
複数の集光レンズからなる集光レンズアレイが、前記偏光変換手段と前記重畳光学系の間に配置されたことを特徴とする照明装置。

【請求項41】 請求項40において、
前記集光レンズアレイは、前記重畳光学系と一体的に形成されていることを特徴とする照明装置。

【請求項42】 請求項37から請求項39までのいずれかにおいて、

30 前記仮想面内における前記第1の方向と略直交する第2の方向に前記複数の部分光束を含む入射光全体の断面寸法を狭める縮小光学系が前記光源と前記被照明領域の間に配置されたことを特徴とする照明装置。

【請求項43】 請求項42において、
前記縮小光学系は、前記光束分割手段の入射側または射出側の一方に配置された凸レンズと、前記集光レンズアレイの入射側または射出側の一方に配置された凹レンズを含むことを特徴とする照明装置。

40 【請求項44】 請求項34から請求項36までのいずれかにおいて、
前記仮想面内における前記第1の方向と略直交する第2の方向に前記複数の部分光束を含む入射光全体の断面寸法を狭める凹レンズが前記偏光変換手段と前記被照明領域の間に配置されたことを特徴とする照明装置。

【請求項45】 請求項44において、
前記凹レンズは、複数のレンズを組合せた組レンズで形成されることを特徴とする照明装置。

【請求項46】 請求項43乃至請求項45のいずれかにおいて、

50 前記凸レンズあるいは前記凹レンズは、シリンドリカル

(5)

特開2001-100314

7

状のレンズであることを特徴とする照明装置。

【請求項47】 請求項25から請求項46までのいずれかにおいて、

前記光束分割手段は、複数の前記光源像を前記第1の方向及び前記仮想面内における前記第1の方向と略直交する第2の方向に略マトリクス状に形成し、かつ、前記第2の方向で隣接する複数の前記光源像を同一の前記偏光分離膜上に形成することを特徴とする照明装置。

【請求項48】 請求項25から請求項46までのいずれかにかかる照明装置を使用したことを特徴とするプロジェクタ。 10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、照明装置およびプロジェクタに関し、特に、光利用効率を向上させ得る照明装置およびプロジェクタに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、液晶装置の画像を投写表示するプロジェクタにおいて、投写画像の明るさとその均一性を示す照度比を如何にして改善するかという点に注目が集まっている。そして、これらを同時に実現する技術として、複数のレンズを並べて構成したレンズアレイや棒状の導光体を用い、光源からの光束を一旦分割してから液晶パネル上で重畳すると共に、その光路上で偏光分離及び偏光変換を行うことによって偏光方向を揃える、いわゆるインテグレート偏光変換光学系が主流になってきている。 20

【0003】ここで、本出願人は、分割された光束のそれぞれについて偏光分離及び偏光変換を行うための手段として、偏光方向が略直交する2つの偏光光束の一方（P偏光光束）を透過し他方（S偏光光束）を反射する偏光分離膜と、この偏光分離膜と平行に配置され、偏光分離膜によって反射されたS偏光光束を、偏光分離膜を透過したP偏光光束の射出方向と同じ方向に反射する反射膜と、を有する複数の偏光分離部を組み合わせ、偏光分離膜を透過した偏光光束又は反射膜にて反射された偏光光束の内のいずれか一方の偏光光束の偏光方向を $\lambda/2$ 板等によって略90度回転させて、他方の偏光光束の偏光方向にそろえる偏光変換手段を用いることを提案している（特開平10-170869号公報）。この提案によれば、光源光の利用効率を高めながら、照明装置の小型化を図ることが可能になる上、口径の小さな投写レンズを採用した場合でも、明るく表示ムラのない投写画像を形成できる小型のプロジェクタを実現することが可能となる。 30

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述のような偏光変換手段を使用する場合において、偏光分離膜を経ずに反射膜に直接入射する光束が存在すると、偏光変換手段の異なる位置から射出される直線偏光光束の分離 40

8

性が低下する。すなわち、反射膜を経て偏光分離膜に入射した光束と、偏光分離膜に直接入射した光束とは、偏光分離膜に入射する幾何学的な方向が略90度異なるため、偏光分離膜から直接射出されるP偏光光束の中に（偏光分離膜を経ずに反射膜に直接入射する光束に起因する）S偏光光束が混入し、同時に、偏光分離膜を経て反射膜から射出されるS偏光光束の中に（偏光分離膜を経ずに反射膜に直接入射する光束に起因する）P偏光光束が混入してしまう。その結果、偏光分離膜を経ずに反射膜に直接入射した光束に起因するこれらの偏光光束は、液晶パネルの前段に設けられた偏光板に吸収され、液晶パネルで変調のために利用できない無駄な光となるばかりでなく、偏光板を加熱させる要因にもなる。

【0005】この問題を解決するため、偏光変換手段の入射面側にスリット状の遮蔽板を取り付け、偏光変換手段の反射膜に直接入射する光束を予め遮蔽する方法が提案されているが、光利用効率の向上という観点からは、更なる改善が望まれていた。

【0006】本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、偏光変換手段を使用しながら、光利用効率をさらに向上させ得る照明装置、および、それを用いたプロジェクタを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】（1）上記課題を解決するため、本発明は、光束分割手段の略中心を通る仮想の照明光軸と略直交する仮想面内に複数の光源像を形成するように、光源からの光束が前記光束分割手段によって複数の部分光束に分割され、この複数の部分光束について、それぞれの偏光方向が偏光変換手段にて略同一方向に揃えられると共に、リレー光学系にて所定の被照明領域上に伝達される照明装置において、前記偏光変換手段は、前記複数の光源像が形成される位置またはその近傍に配置され、前記部分光束を透過光と反射光に分離することにより偏光方向が異なる2つの偏光光束に分離する偏光分離膜と、前記反射光を前記透過光の進行方向と略同じ方向に向けて反射する反射膜と、前記透過光及び前記反射光の内の一方を他方の偏光光束の偏光方向に合せる手段と、を含む偏光変換部を、前記仮想面内において前記複数の光源像が形成される少なくとも第1の方向に沿って複数配置してなり、前記光束分割手段は、入射端面から入射した前記光源からの光束を反射面にて反射させて前記複数の部分光束に分割し射出端面から射出する棒状の導光体であって、少なくとも前記第1の方向に沿って並ぶ前記複数の光源像が前記第1の方向に沿って配置された各偏光変換部の前記偏光分離膜上に位置し得る間隔で形成されるように、前記第1の方向に向けて対向する一対の前記反射面を少なくとも前記照明光軸または前記射出端面に対して傾斜させて形成したことを特徴とする。 45

【0008】また、光束分割手段の略中心を通る仮想の

照明光軸と略直交する仮想面内に複数の光源像を形成するように、光源からの光束が前記光束分割手段によって複数の部分光束に分割され、この複数の部分光束について、それぞれの偏光方向が偏光交換手段にて略同一方向に揃えられと共に、リレー光学系にて所定の被照明領域上に伝達される照明装置において、前記偏光交換手段は、前記複数の光源像が形成される位置またはその近傍に配置され、前記部分光束を透過光と反射光に分離することにより偏光方向が異なる2つの偏光光束に分離する偏光分離膜と、前記反射光を前記透過光の進行方向と略同じ方向に向けて反射する反射膜と、前記透過光及び前記反射光の内一方を他方の偏光光束の偏光方向に合わせる手段と、を含む偏光交換部を、前記仮想面内において前記複数の光源像が形成される少なくとも第1の方向に沿って複数配置してなり、前記光束分割手段は、入射端面から入射した前記光源からの光束を反射面にて反射させて前記複数の部分光束に分割し射出端面から射出する棒状の導光体であって、前記複数の光源像の配置間隔が前記第1の方向にのみ広くなるように、前記第1の方向に向けて対向する一対の前記反射面を少なくとも前記照明光軸または前記射出端面に対して傾斜させて形成したことを特徴とする。

【0009】本発明によれば、所定の第1の方向に沿って並ぶ複数の光源像が偏光交換手段の反射膜を避けて偏光分離膜上に位置し得る間隔で形成されるように、あるいは、前記複数の光源像の配置間隔が前記第1の方向にのみ広くなるように、第1の方向に向けて対向する一対の反射面を少なくとも照明光軸または射出端面に対して傾斜させて光束分割手段が形成されることから、光束分割手段によって形成された複数の光束を偏光分離手段の偏光分離膜の部分に一致するように選択的に入射させることが可能となる。よって、光入射率の向上により偏光交換手段における偏光交換効率を向上させつつ、照明装置における光利用効率の向上を図ることが可能となる。

【0010】一般に、棒状の導光体からなる光束分割手段において、一対の反射面が入射端面から射出端面に向かってその間隔が狭まるように傾斜させて形成されると、複数の光源像が形成される間隔が、傾斜した一対の反射面の対向する方向において広がる。これとは逆に、入射端面から射出端面に向かってその間隔が広がるように傾斜させて一対の反射面が形成されると、複数の光源像が形成される間隔は、傾斜した一対の反射面の対向する方向において狭くなる。

【0011】また、一般に、複数の偏光分離膜を有する偏光交換手段は、入射した非偏光光束を2種類の偏光光束に空間的に分離するために、入射する光束の大きさに合わせた偏光分離膜を、所定の間隔をおいて複数配列して形成されている。

【0012】よって、本発明において、光束分割手段は、第1の方向に向けて対向する一対の反射面間の間隔

が入射端面から射出端面に向かって狭まるように形成されることが好ましい。

【0013】これにより、複数の光源像が形成される間隔を偏光交換手段の偏光分離膜の配列間隔に合せて十分に広げ、偏光分離膜への光の入射効率を向上させることができる。その結果、偏光交換手段における偏光交換効率を確実に向上させつつ、照明装置における光利用効率を向上させることが可能となる。

【0014】また、実用的な偏光分離膜は、その偏光分離性能が入射光束に対して大きな入射角依存性を有する。特に、入射光線の略中心軸と偏光分離膜の法線とを含む入射面（第1の方向に平行な面）に対して直交する平面を規定した場合、その平面を含む方向において光束の入射角が大きくなると、偏光分離性能が著しく低下する特徴を有する。

【0015】このため、本発明において、光束分割手段は、第1の方向と略直交する第2の方向に向かって対向する他の一対の反射面間の間隔が入射端面から射出端面に向かって広がるように形成されることが好ましい。

【0016】このような構成によれば、光束分割手段によって形成される複数の光源像の間隔が、第2の方向において狭くなる。このため、偏光分離膜への部分光束の入射角が第2の方向において小さくなり、偏光分離膜における偏光分離性能が向上する。さらに、複数の光源像が形成される空間を縮小することができることから、偏光交換手段を小型化でき、照明装置全体の小型化・軽量化を一層推進することが可能となる。また、例えば偏光ビームスプリッターのように、偏光分離膜と同様な入射角依存性を有する光学素子を用いた光学系（例えば反射型光学系）に本発明の照明装置を適用した場合にも、入射角依存性が大きい方向に並ぶ光源像の間隔を狭めることにより光学系全体の光利用効率を向上させることが可能となる。もちろん、第1の方向に向けて対向する一対の反射面間の間隔が入射端面から射出端面に向かって狭められ、同時に、第2の方向に向けて対向する一対の反射面間の間隔が入射端面から射出端面に向かって広がるように形成されてなる光束分割手段を採用することもできる。その場合には、光学系全体の光利用効率をさらに向上させることが可能となる。

【0017】このような本発明において、光束分割手段は、少なくとも第1及び第2の方向に向けて対向する2組の反射面を備えていれば良く、したがって、その断面形状は4角形以上の多角形で有ればよい。例えば、断面形状が8角形や12角形をなしていても良い。しかし、照明装置における光利用効率を考慮すると、光束分割手段は、正方形の入射端面を有することが好ましい。一般に、光源からの光束の強度分布は、光源ランプの略中心を通る軸を中心とした点対称性を有するため、入射端面を正方形に形成することにより、光束分割手段への光の入射効率を向上させることが可能となる。

【0018】また、このような光束分割手段は、入射端面の端部において光源光束の入射許容開口を制限する遮蔽手段を有することが好ましい。このような遮蔽手段を用いれば光束分割手段により形成される複数の光源像の各々の大きさを小さく、かつ隣接する光源像との間隔を拉げることができるので、偏光分離手段の偏光分離膜のみに光束を入射させられ、その結果、偏光分離手段における偏光変換効率を向上させることができる。また、電気光学装置（例えば液晶装置）や偏光板にとっては不要である光束を予め遮断できるので、電気光学装置や偏光板をより効率的に冷却することができる。

【0019】さらに、本発明において、光束分割手段は、被照明領域の形状と相似形をなす射出端面を有することが好ましい。これにより、照明効率の向上を図ることが可能となる。

【0020】また、発明に使用される棒状の光束分割手段は、入射光束を反射面で反射させることによって複数の光束に分割可能である限り、導光性の材料の塊として形成されてもよいし、筒状に形成されてもよい。光束分割手段が、反射面を有する部材を筒状に形成した中空ロッドである場合は、内部の空間と当該部材との界面が反射面（表面反射面であることが好ましい）となるので、入射光は中空ロッドの内側の反射面で反射される。導光性材料の棒状の塊からなる中実ロッドである場合には、導光部材の表面が全反射面となるので、入射光は中実ロッドの表面で全反射されることになる。後者のような導光性の材料の塊として形成された光束分割手段によれば、光損失がほとんど無い表面反射により光束を伝達するので伝達効率が高いという特徴がある。一方、前者のような反射面を有する筒状の光束分割手段によれば、入射端面から射出端面までの寸法を比較的短く設定しても均一な照明光束を実現することができ、さらに、前者の光束分割手段よりも製造が容易であることから、前者の場合よりも照明装置の低コスト化を図ることが可能となる。

【0021】（2）また、本発明は、光束分割手段の略中心を通る仮想の照明光軸と略直交する仮想面内に複数の光源像を形成するように、光源からの光束が前記光束分割手段によって複数の部分光束に分割され、この複数の部分光束について、それぞれの偏光方向が偏光変換手段にて略同一方向に揃えられると共に、重畳光学系にて所定の被照明領域上に重畳される照明装置において、前記偏光変換手段は、前記複数の光源像が形成される位置またはその近傍に配置され、前記部分光束を透過光と反射光に分離することにより偏光方向が異なる2つの偏光光束に分離する偏光分離膜と、前記反射光を前記透過光の進行方向と略同じ方向に向けて反射する反射膜と、前記透過光及び前記反射光の内の一方を他方の偏光光束の偏光方向に合せる手段と、を含む偏光変換部を、前記仮想面内において前記複数の光源像が形成される少なくと

も第1の方向に沿って複数配置してなり、前記光束分割手段は、複数のレンズを少なくとも前記第1の方向に配置してなるレンズアレイであって、少なくとも前記第1の方向に沿って並ぶ複数の前記光源像が前記第1の方向に沿って配置された各偏光変換部の前記偏光分離膜上に位置し得る間隔で形成されるように、複数の前記レンズの集光特性が設定されたことを特徴とする。

【0022】また、光束分割手段の略中心を通る仮想の照明光軸と略直交する仮想面内に複数の光源像を形成するように、光源からの光束が前記光束分割手段によって複数の部分光束に分割され、この複数の部分光束について、それぞれの偏光方向が偏光変換手段にて略同一方向に揃えられると共に、重畳光学系にて所定の被照明領域上に重畳される照明装置において、前記偏光変換手段は、前記複数の光源像が形成される位置またはその近傍に配置され、前記部分光束を透過光と反射光に分離することにより偏光方向が異なる2つの偏光光束に分離する偏光分離膜と、前記反射光を前記透過光の進行方向と略同じ方向に向けて反射する反射膜と、前記透過光及び前記反射光の内の一方を他方の偏光光束の偏光方向に合せる手段と、を含む偏光変換部を、前記仮想面内において前記複数の光源像が形成される少なくとも第1の方向に沿って複数配置してなり、前記光束分割手段は、複数のレンズを少なくとも前記第1の方向に配置してなるレンズアレイであって、前記複数の光源像の配置間隔が前記第1の方向にのみ広くなるように、複数の前記レンズの集光特性が設定されたことを特徴とする。

【0023】このように、光束分割手段としてレンズアレイを使用する場合でも、各レンズの集光特性を調節することにより、光束分割手段によって形成された複数の光束を偏光分離手段の偏光分離膜の部分のみに選択的に入射させることが可能となる。よって、偏光変換手段における偏光変換効率を向上させつつ、照明装置における光利用効率の向上を図ることが可能となる。なお、レンズアレイを構成するレンズは、表面を曲面状に成形してなる一般的なレンズに加えて、ホログラフィー効果や回折により光を集光するホログラムレンズや回折レンズであっても良い。

【0024】レンズアレイからなる光束分割手段を使用する場合において、光束分割手段を形成する複数のレンズは、被照明領域の形状と略相似形をなすことが好ましい。光束分割手段を形成するレンズ上に形成されたイメージは、重畳光学系によって1ヶ所の被照明領域上で重畳されるため、レンズの形状と被照明領域の形状とを相似形とすることにより、照明効率を向上させることができる。

【0025】また、光束分割手段を形成する複数のレンズは、偏心レンズを含むことが好ましい。このような構成によれば、各レンズの略中心軸以外の位置に光源像を形成できるため、光源像の形成間隔を自在に制御するこ

(8)

特開2001-100314

13

とが可能となる。

【0026】本発明においてレンズアレイからなる光束分割手段を使用する場合には、さらに、複数の部分光束により形成される光源像の位置に対応させて配置された複数の集光レンズからなる集光レンズアレイが偏光変換手段の入射側に配置されることが好ましい。これにより、光束分割手段により形成された複数の部分光束が偏光変換手段の偏光分離膜に効率よく導入され、偏光変換手段における光利用効率が向上する。

【0027】また、このような集光レンズアレイを形成する複数の集光レンズは、複数の部分光束の主光線が偏光変換手段の入射側の面に対して略垂直となるような集光特性に設定されることが好ましい。このような構成によれば、複数の部分光束の主光線が偏光分離膜の入射面に対して略垂直な状態で偏光分離膜に入射することから、偏光変換手段における偏光変換効率が向上する。

【0028】このような機能を発揮し得る集光レンズアレイは、偏心レンズを含む複数の集光レンズによって形成されることで、容易に実現される。

【0029】なお、光束分割手段から射出される部分光束の特性が優れている場合には、複数の集光レンズからなる集光レンズアレイは、偏光変換手段と重畳光学系の間に配置されてもよい。この場合には、特に、集光レンズアレイが重畳光学系と一体的に形成されることが好ましい。これにより、部材点数の削減による照明装置の低コスト化が可能となる。

【0030】また、偏光変換手段の入射側に集光レンズアレイが配置される場合には、仮想面内における第1の方向と略直交する第2の方向に複数の部分光束を含む入射光全体の断面寸法、例えば直径、を狭める縮小光学系が光源と被照明領域の間に配置されることが好ましい。

【0031】このような構成によれば、光束分割手段によって偏光分離膜の部分に一致するように光源像を位置させつつ、複数の光源像の偏光分離膜の配列方向と略直交する第2の方向における光源像の形成間隔を狭めることができる。このため、光束分割手段を形成する複数のレンズの集光特性を複雑に設定することなく、偏光分離膜における偏光分離性能を向上させられると共に、照明装置における光利用効率の向上と小型化を実現することが可能となる。また、被照明領域を照明する光束全体の光束径を小さくできるため、電気光学装置（例えば液晶装置）によって被照明領域が形成されるプロジェクタに本発明の照明装置を適用した場合に、液晶装置の射出面側に配置される投写光学系における光利用効率も向上できる効果がある。さらに、例えば偏光ビームスプリッターのように、偏光分離膜と同様な入射角依存性を有する光学素子を用いた光学系（例えば反射型光学系）に本発明の照明装置を適用した場合にも、入射角依存性の高い方向に並ぶ光源像の間隔を狭めることにより光学系全体の光利用効率を向上させることが可能となる。

14

【0032】このような縮小光学系は、光束分割手段の入射側または射出側の一方に配置された凸レンズと、集光レンズアレイの入射側または射出側の一方に配置された凹レンズによって容易に実現可能である。

【0033】また、偏光変換手段の入射側に集光レンズアレイが配置される場合において、仮想面内における第1の方向と略直交する第2の方向に複数の部分光束を含む入射光全体の断面寸法、例えば直径、を狭める凹レンズが偏光変換手段と被照明領域の間に配置されてもよい。

【0034】このような構成によれば、偏光変換手段から射出された光束の射出角が第1の方向と略直交する第2の方向において小さくなる。このため、例えば偏光分離膜と同様な入射角依存性を有する偏光ビームスプリッターを使用するプロジェクタに本発明の照明装置が使用された場合に、偏光変換手段における偏光変換効率が向上すると共に、投写光学系における光利用効率も向上する。

【0035】なお、光学収差を低減するためには、このような凹レンズが複数のレンズを組合せた組レンズで形成されることが好ましい。

【0036】なお、このような凸レンズあるいは凹レンズは、シリンダリカル状のレンズであることが好ましい。

【0037】また、棒状の導光体またはレンズアレイのいずれの形態の光束分割手段を用いる場合であっても、光束分割手段は、複数の光源像を第1の方向及び仮想面内における第1の方向と略直交する第2の方向に略マトリクス状に形成し、かつ、第2の方向で隣接する複数の光源像を同一の偏光分離膜上に形成することが好ましい。より具体的には、第2の方向に沿って列ぶ光源像は、隣接する光源像同士が重なり合うことなく、密接した状態で形成されることが望ましい。

【0038】これにより、偏光変換手段の構成を簡略化・小型化することが可能となる。また、第2の方向に偏光分離膜同士の仕切り部がないことから、第2の方向に光源像間の間隔を狭める場合に、偏光変換手段の構成を考慮する必要がない。

【0039】（3）また、本発明は、プロジェクタにおいて、上述した照明装置のいずれかを使用したことを特徴とする。

【0040】本発明によれば、照明装置そのものにおける光利用効率が高いことから、明るくコントラスト比の高い投写画像を実現することが可能となる。また、偏光変換手段から射出される光束の射出角が小さくなる照明装置が使用される場合には、投写光学系における光利用効率が向上し、より鮮明な投写画像の実現が可能となる。

【0041】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態を図面

を参照しつつ説明する。

【0042】まず、投写型液晶表示装置に使用される本発明に係る照明装置の実施の形態を、図1～図13に基づき第1の実施の形態～第9の実施の形態として説明し、その後、本発明に係るプロジェクタの実施の形態を図14～図21に基づき説明する。

【0043】A. 照明装置

1. 照明装置の第1の実施の形態

図1は、本発明の照明装置の第1の実施の形態を示す概略平面図である。

【0044】本実施の形態において、照明装置は、仮想の照明光軸Lに沿って配置された光源10と、光源10からの光束を複数の光源像を形成する複数の部分光束に分割する棒状（あるいは柱状ともいう）の光束分割手段20と、光束分割手段20の射出端面26上の像を被照明領域に伝達するリレー光学系30と、そのリレー光学系30の中に配置されて偏光分離及び偏光変換を行う偏光変換手段40とを備えている。被照明領域は、光変調により画像を生成する電気光学装置の一例としての液晶装置1000によって形成されている。また、本実施の形態における液晶装置1000の表示面の形状は、X軸方向の寸法とY軸方向の寸法が等しい正方形を想定している。

【0045】なお、本実施の形態及び以下の全ての実施の形態において、Z軸方向は光2の進行方向を、Y軸方向は光2の進行方向に向かって12時又は6時の方向を（図1では紙面と直交する方向）、X方向は光2の進行方向に向かって3時または9時の方向を示す。照明光軸LはZ軸と略平行な関係にあり、照明光軸Lに直交する仮想面は、X-Y平面として規定される。

【0046】1-1 光源

光源10は、放射状に光線を放射する光源ランプ11と、光源ランプ11から放射された光を集める楕円リフレクタ12とを備えており、楕円リフレクタ12の2つの焦点の内的一方は光源ランプ11またはその近傍に、また、他方は光束分割手段20の入射端面22またはその近傍に位置するように設定されている。光源ランプ11から放射された光束は楕円リフレクタ12によって光束分割手段20の入射端面22付近に集光され、集光された状態で光束分割手段20に入射する。なお、楕円リフレクタ12に代えてパラボラリフレクタや球面リフレクタを使用することもできる。但し、その場合にはリフレクタの射出側にリフレクタから出射される略平行光束を光束分割手段20の入射端面22に向けて集光するための集光レンズを設置する必要がある。

【0047】1-2 光束分割手段

光束分割手段20は、光源10からの光束を複数の部分光束に分割して、X-Y平面内に略マトリクス状に位置する複数の光源像を形成するための部材である。

【0048】本実施の形態において、光束分割手段20

は透明な導光材料、例えばガラス材によって形成された棒状（柱状）の導光体であり、図2（光束分割手段20の形状と光源像の形成位置及び偏光変換手段40の構成との関係を示す概略斜視図）に示すように、光束が入射する入射端面22と、光束を伝達する4つの反射面24a、24b、24c、24dと、伝達された光束が射出される射出端面26と、を有する6面体である。このような導光体は、導光性の材料の塊からなる中空ロッドあるいは導光性材料を筒状に形成した中空ロッドによって構成することができ、中空ロッドの場合は全反射、中空ロッドの場合は一般的な反射によって、光束を伝達する。中空ロッドの場合、反射面には一般的な反射ミラーやその反射ミラーの表面に誘電体多層膜により増反射膜を形成したものなどを使用できる。中空ロッドは中空ロッドよりも製造が容易であることから、中空ロッドを使用する場合よりも照明装置の低コスト化を図ることが可能となる。さらに、中空ロッドの内部は空気（屈折率 ≈ 1 ）であるため、中空ロッド（屈折率 > 1 ）を使用する場合よりも光束分割手段20のZ軸方向の寸法を短くでき、照明装置の小型化を図ることが可能となる。光束分割手段20における入射光の反射は、導光性材料の棒状の塊からなる中空ロッドである場合には、導光部材の表面が全反射面となるので、入射光は中空ロッドの表面で全反射されることになる。導光性材料を筒状に形成した中空ロッドである場合は、内部の空間と導光性部材との界面が反射面となるので、入射光は中空ロッドの内側の反射面で反射される。入射端面22と射出端面26のX-Y平面における断面形状はいずれも矩形であり、特に、本実施の形態の場合には、入射端面22はX軸方向に細長い矩形形状に、射出端面26は被照明領域である液晶装置1000の表示面の形状と相似形となるように、すなわち正方形に、各々形成されている。この光束分割手段20に入射した光束は、反射面24a、24b、24c、24dにおける反射回数の違いに応じて、射出端面26からの射出角度が異なる複数の部分光束に分割される。

【0049】光束分割手段20から異なる角度で射出された複数の部分光束は集光レンズ31によって集光され、光束分割手段20から所定の距離を隔てた位置で、射出端面26と略平行なX-Y平面内に略マトリクス状に複数の光源像を形成する。ここで、これらの光源像の形成間隔は、射出端面26あるいは照明光軸Lに対する反射面24a、24b、24c、24dの形成角度を調節することによって、任意に制御することができる。すなわち、対面して配置される一対の反射面を光が進行する方向に、言い換えれば入射端面から射出端面に向かって、その間隔を狭く（以下では、このような一対の反射面の配置状態を「テーパー状態」と呼称する）していけば、一対の反射面が配置されている方向に並ぶ光源像の間隔を狭げることができ、逆に、その間隔を広げ（以下

では、このような一対の反射面の配置状態を「逆テーバー状態」と呼称する) ていけば、光源像の間隔を狭めることができる。尚、本実施の形態では、集光レンズ31を集光レンズ31aと集光レンズ31bの2枚のレンズによって構成しているが、この構成に限定されるものではない。但し、後述する偏光変換手段40において、高い偏光変換効率を得るためには小さな光源像を形成することが必要であり、それを実現するための一つの手段として、複数のレンズによって集光レンズ31を構成し、集光レンズ31において発生する各種の収差を低減する構成を採用することができる。

【0050】ここで、4つの反射面24a、24b、24c、24dの内、Y軸方向で対向する一対の反射面24c、24dは、図2に示すように射出端面26に対して略垂直に形成され、X軸方向で対向する他の一対の反射面24a、24bは、図1及び図2に示すように入射端面22から射出端面26に向うにしたがってその間隔が狭まるように、すなわちテーバー状態を成すように射出端面26に対して或いは照明光軸(Z軸)に対して傾斜させて形成されている。このため、複数の光源像は図2及び図4(a)に示すような配置となり、各光源像の間隔は、テーバーのない光束分割手段を用いた場合(図2中に点線で示す)よりも、テーバー状態を成す一対の反射面24a、24bの配置方向に対応するX軸方向に広がる。このように光源像の配置間隔を設定した理由については、さらに後述する。

【0051】複数の光源像が形成される位置またはその近傍には、第1の伝達レンズ50、偏光変換手段40、第2の伝達レンズ52が配置されている。

【0052】1-3 偏光変換手段

偏光変換手段40は、入射した光束を所定の直線偏光光束に変換する機能を有しており、図3はその構成を示す説明図である。なお、図3(a)は平面図、図3(b)は外観斜視図である。この偏光変換手段40は、偏光分離膜42と反射膜44とが交互に複数配列された偏光ビームスプリッタアレイ43と、その光出射面の偏光分離膜42に対応する位置に設けられた偏光回転手段である位相差板48を備えている。偏光分離膜42と反射膜44の間隔は、断面形状が平行四辺形である柱状の複数の透光性部材(例えばガラス材)を介して維持されている。このような偏光変換手段40は、例えば、偏光分離膜42及び反射膜44が形成された複数の透光性板材と、これらの膜が形成されていない透光性板材を交互に接着剤で貼り合わせて透光性板材のブロックを形成し、これを当該ブロックの面に対して所定の角度で切断することによって形成することが可能である。なお、偏光変換手段40は、偏光分離膜42と、反射膜44と、位相差板48とを含んで構成される偏光変換部41を、所定方向(本実施形態ではX軸方向)に沿って、複数配置したものと考えることができる。

【0053】なお、偏光分離膜42及び反射膜44がY-Z平面を対称面として互い違いに向かい合うように、複数の偏光ビームスプリッタアレイ43を配置することもできる。

【0054】ここで、便宜上、偏光変換手段40の光束が入射する側の面において、偏光分離膜42に直接対応する面を「入射面45A」、反射膜44に直接対応する面を「入射面45B」と呼称し、同様に、光束が射出される側の面において、偏光分離膜42に直接対応する面を「射出面46A」、反射膜44に直接対応する面を「射出面46B」と呼称する。偏光変換部41が上述のように配置されることから、図3(a)、(b)に示すように、入射面45A及び入射面45Bは、偏光分離膜42における偏光分離方向、すなわちX軸方向に沿って交互に所定間隔をおいて複数形成されている。同様に、射出面46A及び射出面46Bも、X軸方向に沿って交互に所定間隔をおいて複数形成されている。

【0055】偏光分離膜42は、入射光に含まれる略直交する直線偏光光束(P偏光光束及びS偏光光束)の一方(例えばP偏光光束)を透過し、他方(例えばS偏光光束)を反射する。本実施の形態では、偏光分離膜42は、反射光(S偏光光束)をX軸方向と略平行に反射するような性質及び角度に形成される。この偏光分離膜42の機能は、誘電体多層膜により実現することができる。なお、偏光分離面42を透過する偏光光束と反射する偏光光束は、上記の例の逆でも構わない。

【0056】反射膜44は、偏光分離膜42からの反射光を再度反射し、その進行方向を透過光の進行方向と略同一方向に向ける機能を有する。この反射膜44の機能は、透光部材に形成された誘電体多層膜やアルミニウム膜等で実現することができる。

【0057】位相差板48は、透過光または反射光の内の一方の偏光光束の偏光方向を他方の偏光光束の偏光方向に略一致させて、透過光と反射光の偏光方向を揃えるために設けられる。本実施の形態では、位相差板48として $\lambda/2$ 板が使用され、図3(a)(b)に示すように、射出面46Bを避けて射出面46Aに選択的に設置されている。これにより、透過光の偏光方向が略90度回転され、その結果、偏光変換手段40から射出される光束のほとんどが反射光と同じ偏光方向を有する1種類の偏光光束に変換される。この位相差板48は透光部材の射出面に対して配置される。

【0058】なお、偏光分離膜42にて分離された2つの偏光光束の偏光方向を1種類の偏光光束に統一可能である限り、位相差板の種類および配置は特に限定されない。たとえば、 $\lambda/2$ 板に代えて、入射光束の偏光方向を45度回転させる $\lambda/4$ を2枚重ねて使用してもよい。あるいは、射出面46A及び射出面46Bのそれぞれに位相差の異なる2種類の位相差板を各々配置して、各位相差板を通過する偏光光束の偏光方向を揃えるよう

(11)

19

な構成とすることもできる。

【0059】このような偏光変換手段40が用いられることから、1種類の直線偏光光束しか利用できない電気光学装置（液晶装置）1000において、光源10からの光の利用効率を向上させることが可能となる。

【0060】なお、入射面45Bを通して入射した光束は反射膜44を経て偏光分離膜42に入射するため、偏光分離膜42において、透過光がX軸方向に透過され、反射光がZ軸方向に透過されてしまう。このような透過光と反射光の関係は、偏光分離膜42に直接入射して分離された透過光と反射光の関係と比べると、幾何学的に90度ずれた状態にある。そのため、入射面45Bに入射する光束があると、例えば射出面46Aからは、入射面46Aから偏光分離膜42に直接入射してこの偏光分離膜42を透過したP偏光光束と、入射面46Bから反射膜44を経て偏光分離膜42に入射しこの偏光分離膜42にて反射されたS偏光光束とが射出されてしまう。すなわち、偏光分離膜42における偏光分離性能が低下することになる。従って、偏光変換手段40において高い偏光変換効率を得るためには、入射面45Aあるいは入射面45Bの内の、どちらか片方の入射端面のみに選択的に光束を入射させることが極めて重要となる。

【0061】1-4 リレー光学系

図1に戻ってリレー光学系30について説明する。リレー光学系30は、棒状の導光体からなる光束分割手段20の射出端面26の像を被照射面である電気光学装置（液晶装置）1000に伝達するための伝達光学系である。本実施の形態において、リレー光学系30は、集光レンズ31と、第1及び第2の伝達レンズ50、52と、平行化レンズ32とを含んで構成されている。

【0062】このうち、集光レンズ31は、第1の伝達レンズ50のレンズ瞳に光束分割手段20からの部分光束を導き入れるためのものであり、光束分割手段20の射出端面26の近傍に配置されている。また、この集光レンズ31は、集光レンズ31a、31bの2枚の集光レンズを組合せた組みレンズで形成されている。このため、部分光束を第1の伝達レンズ50に導く際の光学収差の発生が低減される。

【0063】第1の伝達レンズ50は、光束の中心軸が照明光軸Lに対してある角度を伴って入射した場合に、その中心軸を照明光軸Lと平行になるように交換すると共に偏光変換手段40に入射する光束を更に絞り込むためのものであり、偏光変換手段40の入射側に配置されている。また、この第1の伝達レンズ50は、複数の矩形状の微小レンズ51を略マトリックス状に組合せたレンズアレイで形成される。微小レンズ51の数とその配置は、部分光束により形成される光源像の数とその形成位置に対応させて決定される。一般に、偏光分離膜42における偏光分離性能を向上させるためには、偏光分離膜42に対して45度の入射角度で、すなわち、偏光変

特開2001-100314

20

換手段40の入射端面に対して0度（垂直）の入射角度で光束を入射させることが望ましい。従って、第1の伝達レンズ50を用いることにより、偏光分離膜42における偏光分離性能を向上させられると共に、光束分割手段20にて所定の間隔をおいて形成された複数の部分光束のそれぞれを、偏光変換手段40の入射面45Aに効率的に導き入れることが可能となる。

【0064】なお、微小レンズ51の形状は限定されないが、本実施の形態のように平面的に矩形状の微小レンズをアレイ化して板状に形成したものが利用し易い。また、本実施の形態のように複数の微小レンズ51を用いて構成すれば、各々の微小レンズ51の集光特性を最適化できるため、光束を伝達する際に発生し易い光学収差の低減に有効である。なお、光束分割手段20から射出される光束の特性（例えば放射角が小さい場合）によっては、複数の微小レンズを用いずに1枚のレンズによって第1の伝達レンズ50を構成しても良く、さらには、省略することも可能である。

【0065】第2の伝達レンズ52は、偏光変換手段40から射出される複数の部分光束を被照明領域である液晶装置1000上に伝達し、それらの部分光束を一カ所の被照明領域上で重畳させるためのものであり、偏光変換手段40の射出側に配置されている。この第2の伝達レンズ52は、1枚のレンズによって形成されているが、先の第1の伝達レンズ50と同様に複数のレンズによって構成されてもよい。また、光束分割手段20から射出される光束の特性（例えば放射角が小さい場合）によっては、第1の伝達レンズ50を偏光変換手段40の射出側に配置した構成とすることも可能である。特にこの場合には、第1の伝達レンズ50に第2の伝達レンズ52の機能を併せ持たせられるため、第2の伝達レンズ52を省略し、照明装置の低コスト化を図ることができる。

【0066】平行化レンズ32は、第2の伝達レンズ52から液晶装置1000に入射する部分光束を各々の中心軸に平行な光束に変換して、光束を効率的に液晶装置1000に導き入れるためのものである。このため、平行化レンズ32は液晶装置1000の入射側に設置されている。

【0067】このようなリレー光学系30を配置していることから、光束分割手段20の射出端面26上に形成された像は、拡大されて（リレー系を構成する光学要素の光学設定値によっては縮小されて）被照明領域である液晶装置1000上に伝達される。その場合、光束分割手段20から射出した非偏光な光束は、その射出角度に応じて複数の部分光束に分割された後、偏光変換手段40で偏光方向がほぼ揃った1種類の偏光光束に変換され、リレー光学系30によって液晶装置1000上で重畳される。その結果、液晶装置1000等からなる被照明面は明るさムラが少なく、光強度が一様で、偏光方向

50

がほぼ揃った照明光束にて均一に照明される。

【0068】1-5 電気光学装置

本発明の照明装置によって照明される被照明領域を構成する電気光学装置としては、液晶装置1000が例示される。液晶装置1000は外部からの電気信号に応じて透過する光の偏光状態を変化させる電気光学装置の一例であり、光を変調して画像を生成するために使用される。この液晶装置1000は、透過型液晶パネルの場合には液晶装置1000の前後に図示しない一対の偏光手段を介在させて、また、反射型液晶パネルの場合には液晶装置1000の入射側と射出側とを兼ねる一面に偏光手段を配置して構成される。

【0069】なお、電気光学装置としては、液晶装置の他に、入射光の偏光状態を変調することのできる種々のデバイスを用いることができる。さらには、被照明領域としては、電気光学装置ではなく、光照射されるスクリーン領域やスライド・映画・OHP・写真等のフィルム、等の各種の被照明部材でも構わない。

【0070】1-6 本実施の形態の特徴

本実施の形態の特徴は、上述した光束分割手段20のテーパー形状が、偏光変換手段40における偏光分離膜42と反射膜44との配列の構造を考慮して設定されている点にある。すなわち、偏光変換手段40の入射面45Aの部分のみに光束分割手段20からの光束が入射するように、別の言い方をすれば、光束分割手段20からの光束が偏光変換手段40の入射面45Aの部分に一致するように、また、複数の光源像の配置間隔がX方向にのみ広がるように、光束分割手段20においてX軸方向で対向する一対の反射面24a、24bの傾斜角度（反射面24a、24bのX-Y平面に対する角度）は設定されている。その結果、図4（b）（光源像と偏光変換手段の位置関係を示す図）に示すように、偏光変換手段40を光が入射する側の面から見れば、反射膜44に対応する入射面45Bの部分を選けるように、偏光分離膜42に対応する入射面45A、あるいは、入射面45Aと対応する偏光分離膜42（図示せず）の近傍の部分に複数の光源像（実線円Sで示す）が形成されることが判る。

【0071】1-7 作用効果

上記のように光束分割手段20と偏光分離手段40を構成し、なおかつ、それらの配置関係を設定することにより、本実施の形態では、光束分割手段20によって形成された複数の光束を偏光分離手段40の偏光分離膜42の部分のみに選択的に入射させ、偏光変換を行うことができる。その結果、偏光変換手段40における偏光変換効率を向上させつつ、照明装置における光利用効率の向上を図ることができる。

【0072】また、本実施の形態の照明装置では、効率よく1種類の偏光光束を発生できるので、偏光モードを利用した電気光学装置に対する照明装置として好適であ

る。

【0073】なお、本実施の形態では、偏光変換手段40における偏光分離膜42と反射膜44の間隔は、すべて同じにしているが、光源像の大きさに合わせてこれらの間隔を調整しても良い。この場合、光束の中心軸から見たこれらの配置間隔は不均一となる。このようにすれば、より確実に光源像を偏光分離手段40の偏光分離膜42のみに導き入れることが可能となるため、偏光分離手段40における偏光変換効率を一層高めることが可能となる。ここで、偏光分離膜42の配置間隔は、光束分割手段20によって形成される一連の光源像の大きさに基づいて決定されるものである。具体的には入射面45Aの寸法が光源像を包含できる最小の寸法となるように、設定されることが望ましい。

【0074】さらに、被照明領域の形状（液晶装置1000の表示面の形状）が一方向に長い矩形状の場合には、その細長い方向に合わせて偏光分離手段40の偏光分離膜42と反射膜44とを配列すれば、被照明領域（液晶装置）1000を照明する場合に光束の照明角を比較的小さくすることができる。一般に電気光学装置である液晶装置の表示性能は、入射光に対して大きな入射角依存性を示すため、上記のような構成とすれば、液晶装置の表示性能を向上できるという点で都合がよい。また、本実施の形態では、反射を利用して光束を分割する光束分割手段20を用いているため、被照明領域である液晶装置1000を照明する光束の平行性が比較的高い。従って、本例の照明装置は被照明領域が小さい場合、電気光学装置の場合は表示領域の狭い小型の電気光学装置（液晶装置）を照明する際に都合がよい。

【0075】2. 照明装置の第2の実施の形態

次に、本発明の照明装置の第2の実施の形態について説明する。この第2の実施の形態の要部を示す斜視図を図5に示す。

【0076】この第2の実施の形態は、上述した第1の実施の形態において光束分割手段によりX軸方向の形成間隔が制御された複数の光源像の間隔を、さらにY軸方向において狭めることを目的とする。Y軸方向における光源像の間隔を狭めるための構成以外の部分は第1の実施の形態と同じように構成することが可能であることから、以下においては、同じ構成要素には第1の実施の形態と同一の符号を付してその説明を省略する。なお、以降の実施の形態においても、先の実施の形態において説明した構成要素と同一の構成要素に付いては、同一の符号を付してその説明を省略する。なお、図5において、点線は、図2の場合と同様、テーパーのない光束分割手段と、これを用いた場合の光源像の位置を示している。

【0077】本実施の形態において、光束分割手段20'は第1の実施の形態における光束分割手段20とほぼ同様の構成を有する。ただし、図5に示すように、X軸方向で対面する一対の反射面24a、24bのみなら

ず、Y軸方向で対面する他の一対の反射面24c、24dもX-Y平面に対して或いは光軸であるX軸に対して傾斜させて形成されている点が光束分割手段20とは異なる。これらの反射面24a、24b、24c、24dのうち、X軸方向で対向する一対の反射面24a、24bは、第1の実施の形態の光束分割手段20と同様に形成されている。一方、Y軸方向で対向する一対の反射面24c、24dは、相互の間隔が入射端面22から射出端面26に向うにしたがって広がるように形成されている。すなわち、一対の反射面24c、24dは、逆テーパ形状をなす。なお、第1の実施の形態と同様に、この光束分割手段20'は、導光性の材料の塊からなる中空ロッドあるいは導光性材料を筒状に形成した中空ロッドによって構成することができ、中空ロッドの場合は全反射、中空ロッドの場合は一般的な反射によって、光束を伝達する。

【0078】このような構成により、複数の部分光束によって、図6(a)に示すようにX軸方向の間隔が広く、Y軸方向の間隔が図4(a)と比較して極めて狭い複数の光源像が形成される。X軸方向で対向する一対の反射面24a、24bが第1の実施の形態の場合と同様な角度で設定されていることから、X軸方向で隣接する複数の光源像は、図6(b)に示すように、偏光分離膜42に対応する入射面45A内、あるいは、入射面45Aと対応する偏光分離膜42(図示せず)の近傍にのみ位置するように形成される。

【0079】ここで、誘電体多層膜で形成される実用的な偏光分離膜42は、その偏光分離性能が入射光束に対して大きな入射角依存性を有し、特に、入射光線の略中心軸(図1の照明光軸L)と偏光分離膜42の法線とを含んで規定される入射面(図6のX-Z平面)と直交する平面(図6のY-Z平面)内において光束の入射角が大きくなると、その偏光分離性能が著しく低下する傾向にある。

【0080】本実施の形態では、Y軸方向において光源像の間隔が狭められることから、偏光分離膜42への光束の入射角がY軸方向において小さくなる。その結果、偏光分離膜42の偏光分離性能が向上し、偏光変換手段40の偏光変換効率も向上する。したがって、第1の実施の形態の場合よりも、偏光変換手段40における光利用効率を一層高めることが可能となる。また、後に説明する偏光ビームスプリッター60(図14)のように、偏光分離膜42と同様な入射角依存性を有する光学素子を用いた光学系に本実施の形態の照明装置を適用した場合にも、Y軸方向に並ぶ光源像の間隔を狭めることにより光学系全体の光利用効率を向上させることが可能となる。さらに、Y軸方向に並ぶ光源像の間隔を狭めた結果、偏光分離手段40のY軸方向の寸法も小さくでき、照明装置の小型化と低コスト化を達成することができる。さらにまた、このような照明装置を用いてプロジェ

クタを構成した場合には、偏光分離手段40の寸法を小型化した結果、投写光学系の寸法も小型化でき、口径の小さなレンズを用いても明るい投写画像を実現することができる。

【0081】なお、Y軸方向で隣接する複数の光源像は、図6に示すように同一の偏光分離膜42に対応する同一の入射面45A内に位置することから、Y軸方向に並ぶ光源像の間隔を詰める際に偏光変換手段40の構成を変更する必要はない。

10 【0082】3. 照明装置の第3の実施の形態

次に、本発明の照明装置の第3の実施の形態について説明する。本実施の形態は、棒状の光束分割手段により形成される複数の光源像の個々の輪郭を明確にすると共に、光源像の寸法を小さくして、偏光変換手段において不要となる光を予め除去することで、液晶装置の前に配された偏光板の帯熱防止を図ることを目的とする。そのために、以下に説明するように、光束分割手段の入射端面の端部に光を遮蔽する遮蔽手段を配置することで、光源からの光束の入射を許容する入射許容開口を設けている。それ以外の部分については、第1の実施の形態と同じように構成することが可能である。本実施形態の説明において、第1の実施の形態と同じ構成要素には第1の実施の形態と同一の符号を付してその説明を省略する。

【0083】先の実施の形態で説明したように、光束分割手段20によって形成された光源像を偏光分離手段40の入射面45Aの部分のみに導き入れるために、光束分割手段20の反射面の配置角度や偏光分離手段40の入射面45Aの配置間隔を調整しているが、光源像の寸法がかなり大きい場合にはそれに応じて偏光分離手段40の寸法も大きくなる場合がある。ここで、光束分割手段20によって形成される光源像に着目すると、光源像の輪郭部分是不鮮明でありその光強度も小さいことが判る。その理由は、光源10からの光束の強度分布は光源ランプ11の略中心を通る軸を中心とした点対称性を有し、その軸から径方向に離れるに従って光強度は小さくなるためである。従って、光源像の輪郭部分を形成する光強度の小さい光束を予め除去することにより光源像の寸法を小さくしておけば、偏光分離手段40の入射面45Aへの入射効率をほとんど低下させることなく、偏光分離手段40の小型化を実現できると共に、電気光学装置(液晶装置)1000の入射側に配置される偏光板(図示せず)の帯熱を防止することができる。

【0084】この目的を達成するため、図7(a)、(b)に示すように、本実施の形態では、光束分割手段20の入射端面22A、22Bの端部に光を遮蔽する遮蔽手段28A、28Bを配置し、光源10からの光束の入射を許容する入射許容開口を設けている。なお、図7は、第3の実施の形態の要部を示す図であり、(a)は遮蔽手段28Aにより長方形の入射端面22Aの中央部に略正方形の入射許容開口27Aが形成された例を、

【0090】なお、ここでは、第1実施形態の光束分割手段20に入射許容開口27A、27Bを設けることについて説明したが、第2実施形態の光束分割手段20にこのような入射許容開口を設けても構わない。

【0096】重畳レンズ620は、1枚の重畳レンズで形成され、偏光交換手段40の射出側に設置されている。この重畳レンズ620は軸対称の球面レンズで形成されているが、これに限定されるものではなく、他の形態のレンズで形成することも可能である。例えば、フレネルレンズのように、中央部と周辺部とで分割された形

態のレンズや、複数のレンズからなる組レンズを重畳レンズ620として使用することができる。中央部と周辺部とで分割された形態のレンズや組レンズを用いた場合には、各種の光学収差を低減することが可能である。また、前者の場合にはレンズの中心厚を薄くすることができ、照明装置の軽量化に都合がよい。

【0097】さらに、本実施の形態では、伝達レンズ50に代えて集光レンズアレイ610が偏光変換手段40の入射側に設置されている。この集光レンズアレイ610は、第1～第3の実施の形態における伝達レンズ50とほぼ同様の機能を有するものであり、光束分割手段600を形成する小レンズ600aと同数の集光レンズ610aにより構成されている。また、この集光レンズアレイ610は、複数の部分光束により形成される光源像の位置に各集光レンズ610aを対応させて、偏光分離手段40の入射側に配置される。集光レンズ610aの形状には制約はないが、矩形形状や六角形状などに設定すれば、アレイ化し易いため都合がよい。

【0098】各集光レンズ610aは、光束分割手段600からの複数の部分光束を偏光変換手段40の入射面45Aに対して略垂直に入射させるような集光特性に設定される。本実施の形態では、このような集光特性に設定するために、集光レンズ610aの一部を偏心レンズで構成しているが、集光レンズ610aの全部を偏心レンズで構成することによっても上記集光特性に設定することが可能である。このように構成されることから、集光レンズアレイ610によれば、偏光変換手段40の入射面45Aに対して光束を略垂直に入射させることが可能となる。その結果、偏光変換手段40における偏光変換効率を向上させることが可能となる。

【0099】なお、集光レンズアレイ610は必ずしも必要なものではなく、光源からの光束の平行性が高い場合には省略することができる。さらに、光束分割手段600から射出される光束の特性（例えば平行性が高い場合）によっては、集光レンズアレイを偏光変換手段40の射出側に配置した構成としても良い。特にこの場合には、集光レンズアレイに重畳レンズ620の機能を併せ持たせられるため、重畳レンズ620を省略し、照明装置の簡素化と低コスト化を図ることができる。この構成については、後述の第5の実施の形態で具体例を示す。

【0100】このような構成を有することから、本実施の形態でも、第1の実施の形態における作用効果と同様の作用効果を達成することができる。すなわち、複数の光源像の配置間隔をX方向にのみ広げ、複数の光源像を偏光分離膜42にのみ選択的に入射させることにより、偏光変換手段40における偏光変換効率を向上させつつ、照明装置全体の光利用効率の向上を図ることが可能となる。また、第1～第3の実施の形態とは異なり、光束分割手段20がレンズアレイで構成されることから、照明装置の小型化を図ることができる。

【0101】なお、本実施の形態においても、第1の実施形態で説明したのと同様、光源像の大きさに合わせて偏光変換手段40における偏光分離膜42と反射膜44の配置間隔を調整しても良い。このようにすれば、より確実に光源像を偏光分離手段40の偏光分離膜42のみに導き入れることが可能となるため、偏光分離手段40における偏光変換効率を一層高めることが可能となる。

【0102】さらに、光束分割手段600と集光レンズアレイ610の集光特性を工夫して、図6(a)、

(b)に示すように、Y軸方向に列ぶ複数の光源像が互いに重なり合わない状態で密接して配置されるような構成を採用することができる。この場合には、集光レンズアレイ610、偏光変換手段40、重畳レンズ620等のY軸方向の寸法を小型化できるため、照明装置の小型化に都合がよい。

【0103】5. 照明装置の第5の実施の形態

図9は、本発明の照明装置の第5の実施の形態の概略的構成を示す平面図である。この第5の実施の形態は、上述した第4の実施の形態の変形例であって、特に複数の集光レンズからなる集光レンズアレイが偏光変換手段40と重畳レンズ620の間に配置されている点が第4の実施の形態と異なっている。このような構成は、光束分割手段600から射出される光束の特性が優れている場合（例えば平行性が高い場合）に採用し易い。以下の説明において、第4の実施の形態と同じ構成要素には同一の符号を付してその説明を省略する。第4の実施の形態と同じ構成要素の部分は、第4の実施形態で説明したのと同様に構成することが可能である。

【0104】本実施の形態の基本的な作用効果は、第4の実施の形態の作用効果と同様であるが、本実施の形態によれば、さらに、集光レンズアレイ612と重畳レンズ620を一体化できるという効果がある。また、集光レンズアレイ612に重畳レンズ620の機能を併せ持たせられるため、重畳レンズ620を省略し、照明装置の低コスト化を図ることも可能である。

【0105】なお、図9では、偏光分離手段40の射出面46Aと射出面46Bの2つに対して1つの集光レンズ612aが対応する形態となっているが、偏光分離手段40の射出面46Aと射出面46Bの各々に1対1で対応するように集光レンズ612aを配置すれば、すなわち、図9の集光レンズ610aの2倍の数の集光レンズ612aを用いて集光レンズアレイ612を形成すれば、集光レンズアレイ612における光利用効率を一層向上させることができる。

【0106】6. 照明装置の第6の実施の形態

図10は、本発明の照明装置の第6の実施の形態の概略的構成を示し、(a)はX軸方向から見た断面図、

(b)はY軸方向から見た断面図である。

【0107】この第6の実施の形態は、レンズアレイがらなる光束分割手段600によって略マトリクス状に形

成される複数の光源像のX軸方向の形成位置を制御し、さらに縮小光学系としてのアフォーカル光学系700によってY軸方向の形成位置を制御して、図6(a)、

(b)に示すような配置及び位置関係の光源像を形成する点に特徴を有する。以下の説明において、第4の実施の形態と同じ構成要素には同一の符号を付してその説明を省略する。第4の実施の形態と同じ構成要素の部分は、第4の実施形態で説明したのと同様に構成することが可能である。

【0108】アフォーカル光学系700は、通過する光束の平行性をあまり悪化させることなく全体の光束径を縮小化する機能を有する。本実施の形態では、一方向のみにレンズパワー（レンズ曲率）を有するシリンドリカル状凸レンズ710とシリンドリカル状凹レンズ712によってアフォーカル光学系700が形成されている。

【0109】アフォーカル光学系700のうち、シリンドリカル状凸レンズ710は、レンズアレイからなる光束分割手段600の射出側に設置され、シリンドリカル状凸レンズ710を通過する光束をY軸方向にのみ屈折させて照明光軸Lの方向に内向させる。一方、シリンドリカル状凹レンズ712は、集光レンズアレイ610の入射側に設置され、シリンドリカル状凸レンズ710からの光束を光軸Lに対して略平行化する。ここで、これらのシリンドリカル状凸レンズ710及びシリンドリカル状凹レンズ712は、それらのレンズパワーを有する方向が、偏光変換手段40における複数の偏光分離膜42が配列される方向に対して略直交するように配置される。このような配置関係をとる理由は、偏光分離膜42が配列する方向（X軸方向）においては偏光分離を行うための空間を確保する必要があるが、偏光分離膜42が配列される方向と略直交する方向（Y軸方向）においては偏光分離を行わないため、光源像をより密接して配置し易いためである。その結果、アフォーカル光学系700を通過した光束は、光束全体の広がり幅が一方向（Y軸方向）に縮小化されている。

【0110】このような構成によっても、上述した第2の実施の形態の作用効果と同様の作用を達成することが可能である。すなわち、Y軸方向において光源像の間隔が狭められることから、偏光分離膜42への光束の入射角がY軸方向において小さくなり、偏光分離膜42での偏光分離性能、及び偏光変換手段40での偏光変換効率が向上する。したがって、偏光変換手段40における光利用効率を一層高めることが可能となる。また、後に説明する偏光ビームスプリッター80（図14）のように、偏光分離膜42と同様な入射角依存性を有する光学素子を用いた光学系に本実施の形態の照明装置を適用した場合にも、Y軸方向に並ぶ光源像の間隔を狭めることにより光学系全体の光利用効率を向上させることが可能となる。さらに、Y軸方向に並ぶ光源像の間隔を狭めた結果、偏光分離手段40のY軸方向の寸法も小さくで

き、照明装置の小型化と低コスト化を達成することができる。さらにまた、このような照明装置を用いてプロジェクタを構成した場合には、偏光分離手段40の寸法を小型化した結果、投写光学系の寸法も小型化でき、口径の小さなレンズを用いても明るい投写画像を実現することができる。特に、本実施の形態の場合は、光束分割手段600を形成する複数の小レンズ600aの集光特性を複雑に設定することなく、偏光分離膜42における偏光分離性能を向上させられると共に、偏光分離手段40のY軸方向における寸法を小さくできるので、照明装置における光利用効率の向上と小型化を実現することが可能となる。

【0111】なお、光束分割手段600とシリンドリカル状凸レンズ710との位置関係、及び、シリンドリカル状凹レンズ712と集光レンズアレイ610との位置関係については、本実施の形態に限定されない。すなわち、光束分割手段600はシリンドリカル状凸レンズ710の射出側に配置することができ、同様に集光レンズアレイ610もシリンドリカル状凹レンズ712の入射側に配置することができる。これらの変形例については、第7の実施の形態で具体例を示す。

【0112】さらに、本実施の形態においても、光源像が形成される間隔と一致するように偏光変換手段40における偏光分離膜42と反射膜44の配置間隔を調整しても良い。これらを上記の構成と併用すれば、より確実に光源像を偏光分離手段40の偏光分離膜42のみに導き入れることが可能となるため、偏光分離手段40における偏光変換効率を一層高めることが可能となる。ここで、偏光分離膜42の配置間隔は光束分割手段20によって形成される光源像の大きさに基づいて決定されるものであり、具体的には入射面45Aの寸法が光源像を包含できる最小の寸法となるように、偏光分離膜42の配置間隔は設定されることが望ましい。

【0113】さらにまた、光束分割手段600によって形成される光源像の寸法が小さい場合には、シリンドリカル状凸レンズ710とシリンドリカル状凹レンズ712の両方を、2方向にレンズパワーを有する一般的な凸レンズと凹レンズ、あるいはトーリックレンズに代えた構成を採用することができる。

【0114】7. 照明装置の第7の実施の形態

図11は、本発明の照明装置の第7の実施の形態の概略的構成を示す断面図である。この第7の実施の形態は、上述した第6の実施の形態の変形例であり、アフォーカル光学系700を構成するシリンドリカル状凸レンズ710が、レンズアレイからなる光束分割手段600の入射側に配設される点に特徴を有する。以下の説明において、第6の実施の形態と同じ構成要素には同一の符号を付してその説明を省略する。第6の実施の形態と同じ構成要素の部分は、第6の実施形態で説明したのと同様に構成することが可能である。

【0115】本実施の形態によれば、光源10からの光束は、シリンドリカル状凸レンズ710によって集光されつつ光束分割手段600に入射し、複数の部分光束に分割された後、シリンドリカル状凹レンズ712と集光レンズアレイ610によって各集光レンズ610aを通過する光束の主光線は略平行化される。すなわち、光束全体の径はY軸方向において圧縮される。したがって、このような構成配置によっても、第6の実施の形態と同様の作用効果を達成することが可能である。

【0116】なお、シリンドリカル状凹レンズ712を10 集光レンズアレイ610の射出側に配置した構成としてもよい。さらに、図10及び図11に示す実施の形態において、複数の光源像の形成間隔を調節する機能を、アフォーカル光学系のみによって実現することも可能である。その場合には、偏光変換手段40で複数の偏光分離膜42が配列する方向(X軸方向)においては、反射膜44と対応する入射面45Bを避けて偏光分離膜42と対応する入射面45A内に各光源像が形成されるように複数の光源像の形成間隔を上げ、同時に、複数の偏光分離膜42が配列する方向とは略直交する方向(Y軸方向)においては、複数の光源像の形成間隔を決めるように、アフォーカル光学系を構成すればよい。これにより、特別な集光特性を有するレンズを用いてレンズアレイ状の光束分割手段を形成する必要がなくなるため、照明装置の簡略化、軽量化、小型化及び低コスト化等を実現することができる。

【0117】8. 照明装置の第8の実施の形態

図12は、本発明の照明装置の第8の実施の形態の概略的構成を示す図であり、(a)はX軸方向から見た断面図、(b)はY軸方向から見た断面図である。この第8 30の実施の形態は、レンズアレイからなる光束分割手段を使用しながら、アフォーカル光学系を別途用いることなく、図6(a)、(b)に示すような配置の光源像を形成する点に特徴を有する。以下の説明において、第4の実施の形態と同じ構成要素には同一の符号を付してその説明を省略する。第4の実施の形態と同じ構成要素の部分は、第4の実施形態で説明したのと同様に構成することが可能である。

【0118】光束分割手段800は、複数の光源像がX軸方向に広い間隔をあげつつY軸方向に狭い間隔で配列して偏光変換手段40の入射面45A内のみ位置するような集光特性に設定されている。このような集光特性を容易に実現するため、光束分割手段800を形成する複数の小レンズ800aのほとんどが偏心レンズで構成されている。

【0119】一方、集光レンズアレイ810の集光特性は、各集光レンズ810aを通過した光束の主光線が照明光軸と略平行となるように設定されている。その結果、本実施の形態では、上述したアフォーカル光学系700を通過した光束のように、光束全体の広がり幅が一 50

方向(Y軸方向)に縮小化される。このような機能を容易に実現するため、集光レンズアレイ810を形成する複数の集光レンズ810aも、そのほとんどが偏心レンズで形成されている。

【0120】これにより、上述の第6及び第7の実施の形態と同様の作用効果を達成することが可能となる。さらに、レンズアレイからなる光束分割手段及び集光レンズアレイによって、アフォーカル光学系と同様の機能を実現できることから、部材点数の省略による照明装置の小型化、軽量化、及び低コスト化等を実現することが可能となる。

【0121】9. 照明装置の第9の実施の形態

図13は、本発明の照明装置の第9の実施の形態の概略的構成を示す断面図である。

【0122】この第9の実施の形態では、さらに、光束径をX軸及びY軸方向に圧縮する作用を有する凹レンズ900が重畳レンズ620と液晶装置1000の間に配設されている点に特徴を有する。その他の部分については、第4の実施形態と同様に構成することが可能である。第4の実施の形態と同じ構成要素には同一の符号を付してその説明を省略する。凹レンズ900は光学収差を低減するため、複数枚のレンズ(本実施の形態では2枚の凹レンズ900a、900b)を組み合わせることで形成された組レンズとすることが望ましい。

【0123】このような構成を有することから、本実施の形態では、第4の実施の形態、あるいは、第8の実施の形態で説明した作用効果に加えて、被照明領域である液晶装置1000に入射する光束の入射角を小さくできると共に、同じ入射角を設定した場合には、照明装置のZ軸方向の大きさを小型化することができる。特に前者の効果は、偏光ビームスプリッターのように、偏光分離膜42と同様な入射角依存性を有する光学素子を用いた光学系(例えば反射型光学系)に本実施の形態の照明装置を適用した場合に、光束の入射角を小さくすることにより光学系全体の光利用効率を向上させることが可能となる。

【0124】なお、凹レンズ900を一方向にのみレンズパワーを有するシリンドリカル状凹レンズとし、被照明領域である液晶装置1000に入射する光束の入射角を一方向においてのみ小さくした構成とすることも可能である。

【0125】B. プロジェクタ

次に、本発明に係るプロジェクタの例について、図14～図18を参照しつつ説明する。

【0126】1. 第1の実施の形態

図14は、本発明に係るプロジェクタの第1の実施の形態を示す概略平面図である。本実施の形態のプロジェクタは、照明装置1と、照明装置1から射出された光束に画像情報を付して表示画像を形成するための手段(偏光ビームスプリッター60、偏光板70、72、電気光学

装置の一例としての反射型の液晶装置1000')と、形成された表示画像を投写する投写光学系(投写レンズ300)とによって大略構成されている。

【0127】照明装置1は、図5及び図6を参照しつつ説明した照明装置(照明装置の第2の実施の形態)と同一のものである。照明装置1から射出された光束は、予めほぼ1種類の直線偏光光束(本実施の形態ではS偏光光束)に変換されて後述する偏光ビームスプリッター60に導かれる。なお、前述した照明装置の他の実施の形態にかかるものを本実施の形態の照明装置1として使用

することも可能である。

【0128】偏光ビームスプリッター60は、2つの直角プリズムの斜面同士を、その間に偏光分離面62を挟んで接合したものであり、入射した非偏光光束を偏光方向が略直交する2種類の直線偏光光束に空間的に分離する機能を有する光学素子である。

【0129】偏光分離面62は、偏光変換手段40を形成する偏光分離膜42と同様に誘電体多層膜で形成され、偏光方向が略直交する2つの直線偏光光束(P偏光光束、S偏光光束)の一方を透過し、他方を反射する。本実施の形態の偏光分離面62はS偏光光束を反射するように形成されているが、S偏光光束を透過するように形成されていてもよい。

【0130】照明装置1から射出されたS偏光光束は、偏光板70を経て偏光ビームスプリッター60に入射し、偏光分離面62で反射され、その進行方向を略90度曲げられ液晶装置1000'に入射する。

【0131】液晶装置1000'は、図示しない外部からの画像信号に応じて入射した光を変調し、具体的には偏光状態を変え、入射側と同じ側から射出する。

【0132】ところで、前記偏光分離面62は、その偏光分離性能が入射光束に対して大きな入射角依存性を有する。

【0133】図18には、前記偏光分離面62と、照明装置1から入射されるS偏光光束(入射光2)との関係が示されている。入射光束2の進行方向(入射光束の光中心軸方向)をZ軸方向とする。そして、この入射光束2の中心軸が偏光分離面62と交差する位置における、この偏光分離面62の法線をRとする。そして前記入射光束2の中心軸Zと法線Rとを含む面を入射面4と定義する。

【0134】また、前記入射光束2のZ軸に対し、12時の方向をY軸方向とし、3時の方向をX軸方向と定義する。このZ軸、Y軸、X軸の関係は、前述した図1に示すZ軸、Y軸、X軸の関係と何ら変わるところはない。

【0135】偏光分離面62の偏光分離性能は、入射面4と直交するY方向においてその入射角が大きくなると、著しく低下する特徴を有する。具体的には、入射光束2のXY断面形状が、入射面4と直交するY方向に大

きくなると、偏光分離面62の偏光分離性能が著しく低下する。

【0136】前記入射光束2の断面形状は、前述した図3～図5に示すように、光束分割手段20により仮想面内に形成される部分光束全体の断面形状とほぼ相似形となる。

【0137】しかも、本実施の形態においては、図3～図5に示すように、偏光変換手段40において偏光分離膜42が並ぶ方向がX軸方向となるように設定されているため、前記部分光束群は、前述したリレー光学系30により入射光束2のX軸方向が前記入射面4と平行になるように偏光分離面42に入射される。もちろん、光束分割手段としてレンズアレイを使用した他の照明装置を用いた場合でも、前記部分光束群は、重畳光学系620により、その入射光束2のX軸方向が前記入射面4と平行になるように偏光分離面42に入射される。

【0138】本実施の形態で使用される照明装置1では、光束分割手段20から射出された部分光束によって図6(a)、(b)に示す位置に複数の光源像を形成する構成を採用している。具体的には、複数の光源像を形成する部分光束全体の断面寸法が、Y軸方向が狭くX軸方向に長くなるように形成されている。従って、図18に示す入射光束2の断面形状も、入射面4と直交するY軸方向には狭く入射面4と平行なX軸方向に広い形状となる。

【0139】この結果、偏光分離面62へ入射する入射光束2のY軸方向における入射角度を小さくすることができ、入射光束2に対する偏光分離面62の偏光分離性能が向上し、明るくコントラスト比の高い投写画像を実現することが可能となる。しかも、投写光学系における光利用効率を向上するため、より鮮明な投写画像の生成が可能となる。

【0140】次に、液晶装置1000'の構成例を図15及び図16に示す。図15は液晶装置1000'を形成する反射型基板の平面図、図16は液晶装置1000'の部分拡大断面図である。

【0141】これらの図において、液晶装置1000'は、ガラス基板等の透明基板からなる入射側基板1010及び反射側基板1020の間に、TN型等の液晶1030をシール材1031にて封入して形成される。

【0142】反射側基板1020には、図15に示すように、中央部に画素電極1021がマトリクス状に形成されてなる画素領域1022が設けられ、その周囲に、信号線に画像データを供給する信号線駆動回路1023や上記信号線上の電圧を画素電極に印加するスイッチング素子としての薄膜トランジスタ(TFT)のゲートが接続された走査線1042を順番に選択する選択走査線駆動回路1024、パッド領域1025を介して外部から入力される画像データを取り込む入力回路1026、これらの回路を制御するタイミング制御回路1027等

からなる周辺回路が設けられている。

【0143】また、反射側基板1020の表面には、TFTの動作領域となるポリシリコン等の半導体層1041が島状に形成され、この半導体層1041の上にはゲート絶縁膜を介して2層目のポリシリコンまたはポリシリコンと高融点金属の多層からなる走査線兼ゲート電極1042が形成され、この走査線兼ゲート電極1042の上方から入射側基板1020の表面にかけてはPSG膜のような層間絶縁膜1043が形成されている。また、この層間絶縁膜1043の上にはアルミニウム等の金属層からなる信号線1044が形成され、この信号線1044は層間絶縁膜1043に形成されたコンタクトホールにて半導体層1041のゲート電極1042の側方に位置するソース（もしくはドレイン）領域に接続されている。

【0144】そして、信号線1044及び層間絶縁膜1043の上には二酸化シリコンのような絶縁物からなるLTO（Low Temperature Oxide）膜あるいはスピコートにより形成されたSOG膜などからなる平坦化膜1045が形成され、この平坦化膜1045の上に2層目のアルミニウム層等の金属からなる画素電極1021が形成され、この画素電極1021の一部が平坦化膜1045及び層間絶縁膜1043に形成されたコンタクトホールにてTFTのドレイン（もしくはソース）領域に電気的に接続されている。

【0145】このように、液晶装置1000'がTN型液晶を採用した反射型液晶装置であることから、液晶層1030への印加電圧がほぼ0の画素（OFF状態）では、入射した光は液晶層1030にて楕円偏光され、画素電極1021により反射され、液晶層1030により再度楕円偏光されるので、入射した光の偏光軸とほぼ90度ずれた偏光軸の光として反射・射出される。一方、液晶層1030に電圧印加された画素（ON状態）では、入射した光のまま画素電極に至り、反射されて、入射時と同一方向の偏光軸のまま反射・射出される。また、画素電極1021に印加された電圧に応じてTN型液晶の液晶分子の配列角度が変化するので、入射光に対する反射光の偏光軸の角度は、画素のトランジスタを介して画素電極に印加する電圧に応じて可変される。

【0146】例えば、液晶装置1000'にP偏光の光が入射されると、OFF状態画素はS偏光に変換して反射・射出し、ON状態画素はP偏光のまま反射・射出する。

【0147】なお、単結晶シリコンのような半導体基板の上にMOSFETや画素電極などを形成したものを液晶装置1000'の反射型基板として用いることもできる。

【0148】また、画素電極へ電圧を印加する素子として、MIM（Meta-Insulator-Metal）等の2端子型非線形素子を使用することも可能である。さらに、TN型液

晶に代えて、垂直配向型やねじれの無い水平配向型、強誘電型等、種々用いることができる。

【0149】本実施の形態において、液晶装置1000'は、図14に示すように偏光ビームスプリッター60の偏光分離面62にて反射された光の進行方向に設置されている。なお、偏光ビームスプリッター60の偏光分離面62が照明装置1からの直線偏光光束を透過するように形成されている場合には、透過光の進行方向に液晶装置1000'を設置した構成とすることができる。

【0150】また、液晶装置1000'から射出された光は、上述のように画像信号に応じて部分的にP偏光光束に変換されているため、再び偏光ビームスプリッター60に入射したこれらの偏光光束は偏光分離面62を透過し、偏光板72を経て、投写光学系である投写レンズ300によりスクリーン2000上に拡大投影される。

【0151】なお、偏光ビームスプリッター60の入射側及び射出側に配置された2つの偏光板70、72は、それらの偏光板を通過する偏光光束の偏光度をさらに高める機能を有している。したがって、照明装置1から射出される偏光光束の偏光度が十分に高い場合には偏光板70を、同様に、偏光ビームスプリッター60から投写光学系に向けて射出される偏光光束の偏光度が十分に高い場合には偏光板72を省略することができる。

【0152】以上説明したように、本実施の形態のプロジェクタに使用している照明装置1では、光束分割手段20から射出された部分光束によって図6（a）、

（b）に示すような位置に複数の光源像を形成する構成を採用しているため、照明装置1における光利用効率が高く、照明装置1から偏光ビームスプリッター60の偏光分離面に入射する光束のY軸方向（入射面4と直交する方向）における入射角度を小さくすることができる。そのため、偏光ビームスプリッター60への光入射率と偏光ビームスプリッター60における光利用効率を向上させることができ、光学系全体の光利用効率も向上させることができる。さらに、光束分割手段20によってY軸方向に並ぶ光源像の間隔が狭められた結果、偏光分離手段40のY軸方向の寸法を小さくできるため、照明装置1の小型化・低コスト化によるプロジェクタの小型化・低コスト化を達成することが可能となる。

【0153】このように、本実施の形態では、プロジェクタにおける光学系全体の光利用効率が向上することから、極めて明るく、コントラスト比の高い投写画像を実現することが可能となる。

【0154】2. 第2の実施の形態

図17は、本発明に係るプロジェクタの第2の実施の形態の要部を示す概略平面図である。本実施の形態は、上記第1の実施の形態の変形例であり、偏光ビームスプリッター60から射出された光束を、分光手段としてのくさび型プリズムを用いて赤色光、青色光、緑色光に分離し、各色光毎に対応して設けられた3枚の液晶装置に各

色光を入射させてカラー画像を実現する点に特徴を有する。よって、第1の実施の形態と共通の部材に付いては、同一の符号を付してその説明を省略する。第1の実施形態と共通の部分については、第1の実施形態と同様に構成することが可能である。

【0155】さらに、この第2の実施の形態では、偏光分離面62へ入射する入射光束2は、図18を用いて説明した前記第1の実施の形態と同様に、偏光分離面62の入射面4と直交するY軸方向には狭く、入射面4と平行なX軸方向には広くなるような断面形状に形成されている。従って、前記第1の実施の形態と同様に、偏光分離面62の偏光分離性能が向上し、明るくコントラスト比の高い投写画像を生成することができる。なお、その構成は前記第1の実施の形態と同様であるので、ここではその説明を省略する。

【0156】図17において、分光手段100は、3つのくさび型プリズム100a、100b、100cを組合せて形成されている。くさび型プリズム100aは、直角三角形の断面形状を有する角柱状を成し、直角を挟む辺の一方に相当する面に赤色光を反射し他の色光を透過する赤色用ダイクロイック膜Rが形成され、斜辺に相当する面を偏光ビームスプリッター60に間隔をおいて対面させて設置されている。また、くさび型プリズム100bは、くさび型プリズム100aとほぼ同様の構成を有するが、赤色用ダイクロイック膜Rの代わりに青色を反射し他の色を透過する青色用ダイクロイック膜Bが形成され、斜辺に相当する面をくさび型プリズム100aの赤色用ダイクロイック膜Rに間隔を置いて対面させて設置されている。さらに、くさび型プリズム100cは、一辺が斜辺として形成された略台形状の断面形状を有する角柱状を成し、斜辺に相当する面をくさび型プリズム100bの青色用ダイクロイック膜Bに当接させて設置されている。

【0157】なお、本実施の形態において、分光手段100は、偏光ビームスプリッター60の偏光分離面62にて反射された光の進行方向に設置されているが、偏光ビームスプリッター60の偏光分離面62が照明装置1からの直線偏光光束を透過するように形成されている場合には、透過光の進行方向に分光手段100を設置した構成とすることができる。

【0158】液晶装置1000R'は、赤色光を変調する反射型液晶装置であり、くさび型プリズム100aの直角を挟む面の内赤色用ダイクロイック膜Rが形成されていない面に対面させて設置されている。また、液晶装置1000B'は、青色光を変調する反射型液晶装置であり、くさび型プリズム100bの直角を挟む面の内青色用ダイクロイック膜Bが形成されていない面に対面させて設置されている。さらに、液晶装置1000G'は、緑色光を変調する反射型液晶装置であり、くさび型プリズム100cの斜辺の対辺に相当する面に対面させ

て設置されている。各液晶装置1000R'、1000B'、1000G'は、上述した第1の実施の形態に使用される液晶装置1000'と同一の構成を有している。

【0159】本実施の形態において照明装置1から射出され偏光ビームスプリッター60の偏光分離面62にて反射された直線偏光光束は、まずくさび型プリズム100aに入射し、赤色用ダイクロイック膜Rにて赤色光とその他の光に分離される。上述のように、くさび型プリズム100aと偏光ビームスプリッター60の間には間隔が形成されていることから、くさび型プリズム100aにおける偏光ビームスプリッター60との界面が全反射面となる。同様に、くさび型プリズム100bにおいてくさび型プリズム100aに対面する面も、全反射可能な界面となる。このため、赤色用ダイクロイック膜Rにて反射された赤色光は、くさび型プリズム100aの界面で全反射して赤色専用の液晶装置1000R'に入射し、変調されて、同一光路を戻す。赤色用ダイクロイック膜Rを透過してくさび型プリズム100bに入射した光の内、青色光は青色用ダイクロイック膜Bにて反射され、くさび型プリズム100bの界面において全反射して青色専用の液晶装置1000B'に入射し、変調されて、同一光路を戻す。青色用ダイクロイック膜Bを透過した緑色光は、くさび型プリズム100c内を略直進して緑色専用の液晶装置1000G'に入射し、変調されて、同一光路を戻す。

【0160】各液晶装置1000R'、1000B'、1000G'にて変調され、同一光路を戻って偏光ビームスプリッター60に再度入射した各色光は、今度は偏光分離面62を透過し、投写手段である投写レンズ300によって前方のスクリーン2000上に拡大投写される。3枚の液晶装置1000R'、1000B'、1000G'により変調された3つの色光は、以上の過程においてスクリーン2000上では同位置に重なるように投写される。

【0161】本実施の形態によれば、カラー画像を実現可能な3板型のプロジェクタにおいて、光学系全体の光利用効率の向上並びに、小型化・低コスト化を達成することが可能となる。

【0162】なお、本実施の形態では、図17に示すように、各液晶装置1000R'、1000B'、1000G'の寸法に比べて、偏光ビームスプリッター60等の寸法が相対的に大きくなっている。このため、偏光ビームスプリッター60の光源側に光束を細くするための集光レンズを配置することが好ましい。

【0163】3. 第3の実施の形態

図19は、本発明に係るプロジェクタの実施の形態を示す概略平面図である。本実施の形態のプロジェクタは、照明装置2と、照明装置2から射出された光束を赤色光、青色光、緑色光に分離する分光手段としてのダイク

ロイックミラー110と、ダイクロイックミラー110にて分離された各色光を略平行化して液晶装置1100に導く平行化レンズ120と、液晶装置1100で変調された光をスクリーン2000に拡大投写する投写光学系としての投写レンズ300によって大略構成されている。

【0164】照明装置2は、図10を参照しつつ説明した照明装置（第6の実施の形態）と同一のものである。なお、前述した照明装置の他の実施の形態にかかるものを本実施の形態の照明装置2として使用することも可能である。

【0165】ダイクロイックミラー110は、赤色光、緑色光、青色光を選択的に反射または透過する互いに異なる波長選択反射膜がそれぞれ形成され、互いに所定の角度を有して配置された3枚のダイクロイックミラー110R、110G、110Bを備えている。これら3枚のダイクロイックミラー110R、110G、110Bは誘電体多層膜によって形成できる。例えば、ダイクロイックミラー110Rは、赤色光を反射し、緑色光、青色光を透過するミラーである。ダイクロイックミラー110Gは、ダイクロイックミラー110Rを透過した緑色光、青色光をさらに分離するミラーであって、緑色光を反射して、青色光を透過する。ダイクロイックミラー110Bは、ダイクロイックミラー110Gを透過した青色光を反射するミラーである。各ダイクロイックミラー110R、110G、110Bは、互いに所定の角度を持って配置されており、反射された光は平行化レンズ120を経て、それぞれ異なる方向から液晶装置1100に入射する。なお、ダイクロイックミラー110は3枚のダイクロイックミラー110R、110G、110Bによって構成されているが、光路上で最も後ろ側に配置されたミラー（110B）は一般的な全反射ミラーでもよく、少なくとも2つのダイクロイックミラーを用いれば分光手段を構成することができる。また、ダイクロイックミラーでなくとも波長選択反射膜が形成されたブリズムに置き換えてもよい。また、赤色光、緑色光、青色光の各色光の分光の順序はいずれでも構わない。

【0166】図20は、図19における液晶装置1100の部分断面図（ZY平面で切断した部分断面図）である。液晶装置1100は、ダイクロイックミラー110により分光された各色光束のそれぞれに対応する3種類（3色分）のサブ画素1139R、1139G、1139Bとμレンズアレイ1133を有しており、3つのサブ画素1139R、1139G、1139Bに対して1つのマイクロレンズ1133aが対応するように構成されている。液晶装置1100は、ダイクロイックミラー110により分光された各色光束をそれぞれに対応する画素に集光するためのマイクロレンズアレイ1133を備えたアクティブマトリクス液晶パネル（以下「液晶パネル」という）1110を含んで成り、それらの前後には

不図示の一対の偏光板が配置される。液晶パネル1110は、2枚の硝子等の透明基板1134、1135の間にTN型液晶1136が封入され、一方の基板1134には共通電極1137および不要光を遮蔽する遮光マトリクス部として機能するブラックマトリクス1138等が形成され、他方の基板1135には画素電極1139R、1139G、1139B、スイッチング素子としての薄膜トランジスタ（TFT）1140等が形成され、TFT1140を介して画素電極1139R、1139G、1139Bに電圧が印加されると共通電極1137との間に挟まれた液晶1136が駆動される構成である。なお、他方の基板1135には、複数の走査線と複数のデータ線が交差して配置され、その交差点付近にTFT1140がゲートを走査線、ソースをデータ線、ドレインを画素電極1139R、1139G、1139Bに接続して配置される。そして、走査線には順次選択電圧が印加され、それに応じてオンした水平方向の画素のTFT1140を介して各画素の駆動電圧が画素電極1139R、1139G、1139Bに書き込まれる。TFT1140は非選択電圧の印加によりオフとなり印加された駆動電圧を図示されない蓄積容量等に保持する。液晶パネルの画素開口部（ブラックマトリクス1138の画素開口部）に相当する領域に画素電極1139R、1139G、1139Bは配置され、TFT1140と画素電極1139R、1139G、1139B（必要に応じて画素電極に接続された蓄積容量）により各画素が構成される。本実施の形態において、透過型液晶パネル1110の詳細な断面構成の説明は割愛するが、図16における反射型液晶パネルにおける反射型画素電極1021をITO等の透明導電膜に置き換えた構造となる。

【0167】なお、画素電極へ電圧を印加する素子としては、MIM（Meta-Insulator-Metal）等の2端子型非線形素子を使用することも可能である。さらに、TN型液晶に代えて、垂直配向型やねじれの無い水平配向型、強誘電型等、種々用いることができる。

【0168】ここで、3色分のサブ画素を1枚の液晶装置に形成する場合には、一般に、液晶装置の大型化を避けるため、単色の液晶装置における1画素分のスペース内に3色分のサブ画素が形成される。また、3色分のサブ画素の各々は縦長に形成され、人間の視覚特性を考慮して、人間の目から見て横方向に3色に対応したサブ画素が並ぶように配置される。このため、サブ画素1139R、1139G、1139Bの開口部は、図21に示すように、X軸方向に長い矩形をなす。図21は、サブ画素の開口部の形状及び配置を示す概略正面図である。

【0169】ダイクロイックミラー110で分光されると共に射出方向が分離された3種類の赤色光、緑色光、青色光は、マイクロレンズ1133aによって集光され、対応するサブ画素1139R、1139G、1139Bの開口部に入射する。サブ画素1139R、113

9G、1139Bに入射した各色光は、図示しない外部からの画像情報に応じて変調され、投写光学系である投写レンズ300によりスクリーン上2000に拡大投影される。この形態の液晶装置1100では、大きな光損失を伴うカラーフィルターを用いることなくカラー画像を形成できるので、液晶装置における光利用効率が高いという特徴がある。

【0170】このようにサブ画素1139R、1139G、1139Bの開口部がX軸方向に長い矩形をなすことから、液晶装置1100における光の利用効率を向上させ、混色を防止する上では、照明装置2から射出される光束の平行性をサブ画素の形状異方性に合わせた特性とすることが重要である。すなわち、光束の平行性をサブ画素の長手方向に対応する(図21の)X軸方向でよりも、サブ画素の短手方向に対応する(図21の)Y軸方向でより高めることが重要となる。このため、本実施の形態における照明装置2は、例えば図3に示すように、偏光変換手段40の偏光分離膜42が列ぶ方向(図3、図19ではX軸方向)が液晶装置1100のサブ画素1139R、1139G、1139Bが列ぶ方向(図19ではY軸方向)に対して略直交するように、配置される。

【0171】すなわち、前述したように、光束分割手段20、600によって偏光分離手段40の偏光分離膜42上に結像される光束群は、例えば図6に示すようにY軸方向に狭くX軸方向に広がったほぼ長方形形状に形成される。本実施の形態では、前記光束分割手段20、60により仮想平面内に形成される光束群全体の形状が、図21に示す開口部1139R、1139G、1139Bとほぼ相似形をした長方形形状となるように形成する。そして、このように全体形状が長方形形状に形成された光束群を、前述した光学系を用いて3種類の赤色光、緑色光、青色光に分離し、マイクロレンズ1133aを介して対応するサブ画素1139R、1139G、1139Bの開口部に入射する。このとき入射される各赤色光、緑色光、青色光の断面形状は、断面が前記長方形形状をした前記開口部1139R、1139G、1139Bとほぼ同一の断面形状とすることができる。このため、各原色光を対応する開口部1139内をはみ出すことなく通過させ、対応するサブ画素に入射させることが可能となる。この結果、光の利用効率が向上し、しかも原色光が隣接する他の開口部へ侵入することがないため、混色等が効果的に防止され、色のにじみのないきれいなカラー画像を生成することができる。

【0172】また、エッチング等により硝子板上に形成されたマイクロレンズアレイ1133と一方の基板1134とが、低屈折率の樹脂層(接着剤)1141を介して互いに接着されている。マイクロレンズアレイ1133の単位レンズ(レンズの凸部または凹部)は、液晶装置1100の水平方向(走査線方向)の画素ピッチの3

倍に相当するピッチを有し、ダイクロイックミラー110にて異なる角度で反射して出射する赤色光、緑色光、青色光がマイクロレンズアレイ1133の各单位レンズに異なる角度で入射し、この各单位レンズにより赤色光、緑色光、青色光がそれぞれ水平方向に隣接して単位レンズと対応する3つの画素の画素電極1139R、1139G、1139B付近に集光されるようになる。マイクロレンズアレイ1133の各单位レンズは、各色光をこのレンズと対応する3つの隣接画素の画素電極に入射光を集光するような焦点距離を有する。図においては、液晶装置1100に対して略直進して入射される緑色光Gはマイクロレンズアレイ1133の単位レンズにより画素電極1139Gに集光されてそのまま出射される。一方、ダイクロイックミラー110Rと110Bが110Gに対して有する角度に対応した角度で、緑色光Gに対して互いに対称に入射される赤色光Rと青色光Bは、単位レンズにより画素電極1139Rと1139Bにそれぞれ集光され、緑色光Gと対称な角度をもって出射される。なお、ダイクロイックミラー110での分光の順序が異なれば、それに応じて図20に示される液晶装置1100への色光の入射位置も異なる。

【0173】上記のようにして液晶装置1100の画素電極1139R、1139G、1139Bに対して集光した各光束は、液晶装置1100に印加された信号に応じた変調を受けて出射し、投写手段である投写レンズ300によって前方のスクリーン2000上に拡大投写される。隣接する3つの画素により変調された3つの色光は、以上の過程においてスクリーン2000上では同位置に重なるように投写される。

【0174】本実施の形態のプロジェクトによれば、光利用効率の高い照明装置2が使用されることから、ダイクロイックミラー110への光入射率が向上する。また、上述のように、サブ画素1139R、1139G、1139Bの開口部の形状及びその配列の仕方と、照明装置2から射出される光束の平行性との関係を考慮して照明装置2を配置していることから、マイクロレンズアレイ1133にて集光された色光を所定の画素のみに効率よく入射させることができる。その結果、本実施の形態では、隣接する他の画素への色光の入射が防止され、混色や色のにじみのない鮮明な投写画像を実現することが可能となる。さらに、レンズアレイからなる光束分割手段が使用されていることから、照明装置2の小型化・軽量化による投射型表示装置の小型化・軽量化が可能となる。

【0175】なお、本発明の実施の形態は、上述の例に限定されるものではなく、発明の範囲内において種々変更することができる。例えば、図1、図5に示す照明装置に代えて、図7～図13のいずれかの照明装置を使用してもよい。また、プロジェクトは、スクリーンを背面から投写するリア型でも、前面から投写するフロント型

でもかまわない。図14、図17、図19等には本発明のプロジェクタにおける被照明領域を、液晶に代えて、光照射されるスクリーン領域やスライド・映画・OHP・写真等のフィルム、等の各種の被照明部材に置き換えて、プロジェクタを構成しても構わない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の照明装置の第1の実施の形態を示す概略平面図である。

【図2】光束分割手段の形状と光源像の形成位置及び偏光変換手段の構成との関係を示す概略斜視図である。 10

【図3】偏光変換手段の構成を示す図であり、(a)は平面図、(b)は外観斜視図である。

【図4】本実施の形態における光源像の形成位置と偏光変換手段の構成を示す正面図であり、(a)は光源像相互の位置関係を示し、(b)は光源像と偏光変換手段の構成を示している。

【図5】本発明の照明装置の第2の実施の形態の要部を示す斜視図である。

【図6】本実施の形態における光源像の形成位置と偏光変換手段の構成を示す正面図であり、(a)は光源像相互の位置関係を示し、(b)は光源像と偏光変換手段の構成を示している。 20

【図7】本発明の照明装置の第3の実施の形態の要部を示す図であり、(a)は長方形の入射端面の中央部に略正方形の入射許容開口が形成された例を、(b)は正方形の入射端面の中央部に円形の入射許容開口が形成された例を、それぞれ示す。

【図8】本発明の照明装置の第4の実施の形態の概略的構成を示す平面図である。

【図9】本発明の照明装置の第5の実施の形態の概略的構成を示す平面図である。 30

【図10】本発明の照明装置の第6の実施の形態の概略的構成を示し、(a)はX軸方向から見た断面図、(b)はY軸方向から見た平面図である。

【図11】本発明の照明装置の第7の実施の形態の概略的構成を示す断面図である。

【図12】本発明の照明装置の第8の実施の形態の概略的構成を示す図であり、(a)はX軸方向から見た断面図、(b)はY軸方向から見た断面図である。

【図13】本発明の照明装置の第9の実施の形態の概略的構成を示す断面図である。 40

【図14】本発明に係るプロジェクタの第1の実施の形態を示す概略平面図である。

【図15】本実施の形態に使用される液晶装置を形成する反射型基板の平面図である。

【図16】本実施の形態に使用される液晶装置の部分拡大断面図である。

【図17】本発明に係るプロジェクタの第2の実施の形態の要部を示す概略平面図である。

【図18】本実施の形態における入射光束と偏光分離膜との関係の説明図である。

【図19】本発明に係るプロジェクタの第3の実施の形態を示す概略平面図である。

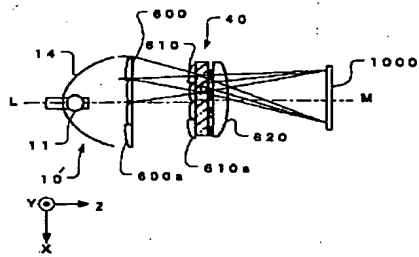
【図20】図19における液晶装置の部分断面図である。

【図21】ブラックマトリックスの開口部の形状及び配置を示す概略正面図である。

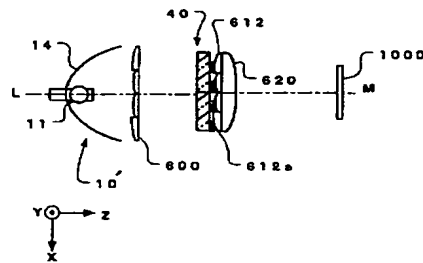
【符号の説明】

- 2 入射光束
- 4 入射面
- 10, 10' 光源
- 12 楕円リフレクター
- 14 パラボラリフレクター
- 20, 20', 600 光束分割手段
- 22 入射端面
- 24 a, 24 b, 24 c, 24 d 反射面
- 26 射出端面
- 28 遮蔽手段
- 30, 32, 50, 52 リレー光学系
- 40 偏光変換手段
- 41 偏光変換部
- 42 偏光分離膜
- 44 反射膜
- 45 入射部
- 46 位相差板
- 60 偏光ビームスプリッター
- 62 偏光分離面
- 620 重畳光学系
- 700 アフォーカル光学系(縮小光学系)
- 710 シリンドリカル状凸レンズ
- 720 シリンドリカル状凹レンズ

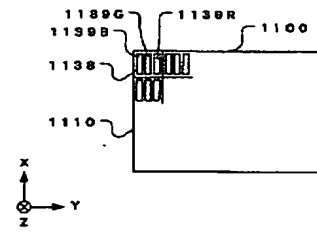
【図8】



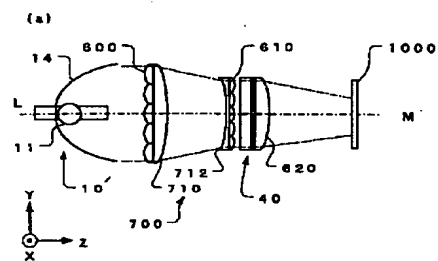
【図9】



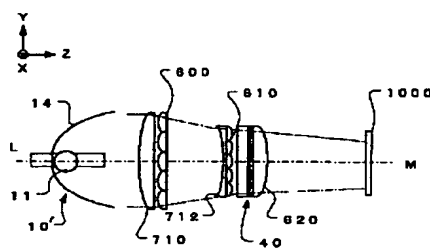
【図21】



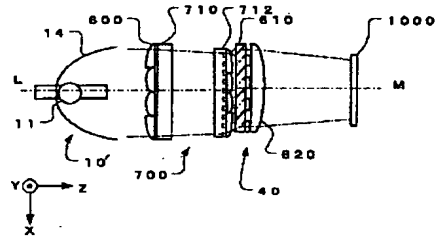
【図10】



【図11】

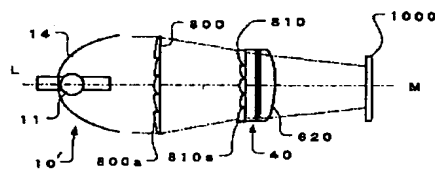


(b)

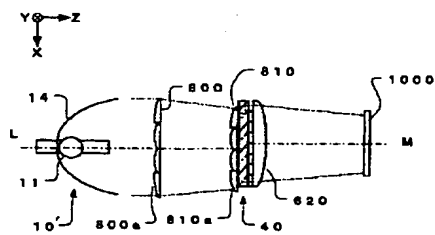


【図12】

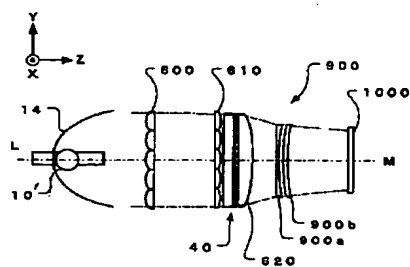
(a)



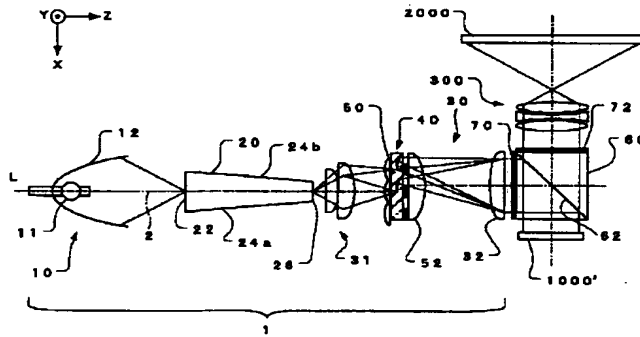
(b)



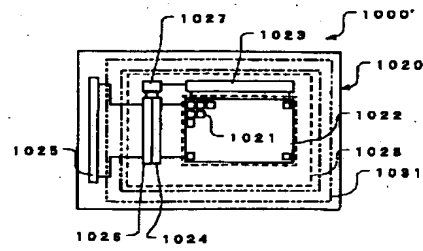
【図13】



【図14】

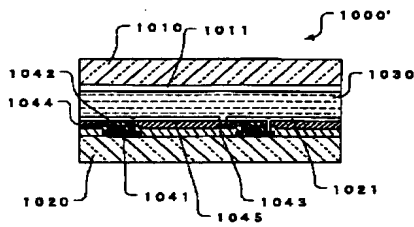


【図15】

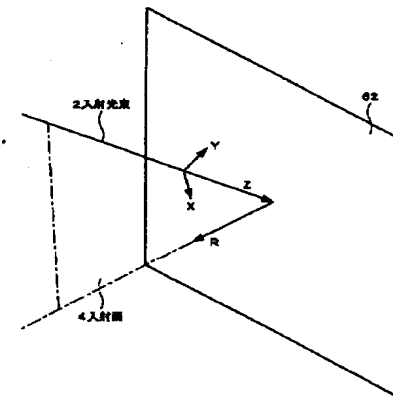
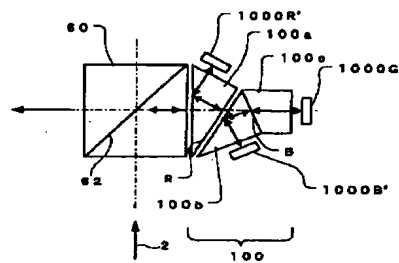


【図18】

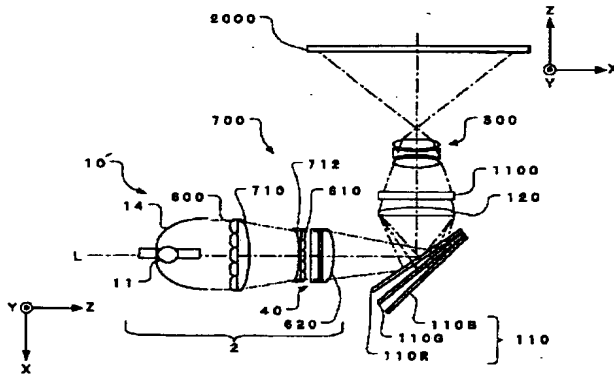
【図16】



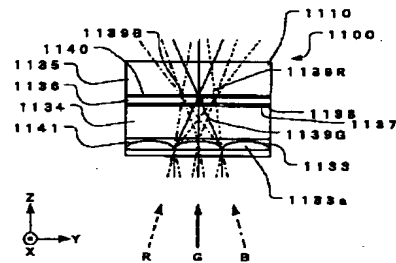
【図17】



【図19】



【図20】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

H04N 5/74
9/31

識別記号

FI

H04N 9/31
G02F 1/1335

テーマコード(参考)

C

530